

ALYSON BUENO FRANCISCO

**A EROSÃO PERIURBANA EM RANCHARIA-SP:
A ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL E AS PROPOSTAS DE
RECUPERAÇÃO DA BOÇOROCA DO CÓRREGO DO GRITO**

Presidente Prudente

2017



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

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ALYSON BUENO FRANCISCO

**A EROSÃO PERIURBANA EM RANCHARIA-SP:
A ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL E AS PROPOSTAS DE
RECUPERAÇÃO DA BOÇOROCA DO CÓRREGO DO GRITO**

Tese de Doutorado em Geografia

Orientador: Prof. Dr. José Tadeu Garcia
Tommaselli

Fomento: Fundação de Amparo à Pesquisa do
Estado de São Paulo (FAPESP)

Processo nº 2013/05664-4

Presidente Prudente

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

Francisco, Alyson Bueno.

F893e A erosão periurbana em Rancharia : a análise espaço-temporal e as propostas de recuperação da boçoroca do Córrego do Grito / Alyson Bueno Francisco. - Presidente Prudente : [s.n], 2017
201 f. : il.

Orientador: José Tadeu Garcia Tommaselli

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia

Inclui bibliografia

1. Voçoroca. 2. Conservação do Solo. 3. Controle de erosão. 4. Empirismo. 5. Francis Bacon. I. Francisco, Alyson Bueno. II. Tommaselli, José Tadeu Garcia. III. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. IV. Título.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: A erosão periurbana em Rancharia-SP: a análise geográfica e as propostas de recuperação da boçoroca do córrego do grilo

AUTOR: ALYSON BUENO FRANCISCO

ORIENTADOR: JOSÉ TADEU GARCIA TOMMASELLI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em GEOGRAFIA, área: PRODUÇÃO DO ESPAÇO GEOGRÁFICO pela Comissão Examinadora:

Everaldo Santos Melazzo

Prof. Dr. EVERALDO SANTOS MELAZZO

FCT / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - FCT/UNESP

Rodrigo Lilla Manzione

Prof. Dr. RODRIGO LILLA MANZIONE

Faculdade de Ciências e Engenharia / UNESP - Câmpus de Tupã

Isabel Cristina Moroz Caccia Gouveia

Profa. Dra. ISABEL CRISTINA MOROZ CACCIA GOUVEIA

Departamento de Geografia / FCT/UNESP/Presidente Prudente (SP)

Alex Ubiratan Goossens Peloggia

Prof. Dr. ALEX UBIRATAN GOOSSENS PELOGGIA

Pesquisador independente

João Osvaldo Rodrigues Nunes

Prof. Dr. JOÃO OSVALDO RODRIGUES NUNES

Departamento de Geografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente - FCT/UNESP

Presidente Prudente, 31 de julho de 2017

Dedico esta tese com amor aos meus pais, Lício e Lucilene. Que Deus sempre ilumine nossa família.

Saber é Poder

Sir Francis Bacon

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Criador do Universo, Força Maior e Proeminente, por ter me concedido um destino para eu conquistar além do que eu havia planejado;

Aos meus pais Lício e Lucilene por todo amor, companheirismo e união que me ofereceram a oportunidade de crescer na vida e terem tido paciência com o rapaz tímido, à minha irmã Ariana e ao meu sobrinho Pedro por nossa amizade que completa nossa família;

Ao Prof. Dr. José Tadeu Garcia Tommaselli, pela amizade, bom humor, e apoio nesta trajetória do doutorado da qual enfrentamos dificuldades e cultivamos uma proposta multidisciplinar;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo apoio financeiro em minhas bolsas de iniciação científica, mestrado e doutorado (Processo nº 2013/05664-4), por me oferecer a oportunidade de apresentar minha pesquisa em diversas cidades no Brasil e no exterior, ao Prof. Dr. José Goldemberg, presidente da FAPESP, por sua dedicação às questões educacionais e ambientais, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo convênio firmado com a FAPESP que possibilitou a concessão de minha bolsa de doutorado;

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, docentes e discentes que se dedicaram para alcançar o nível de excelência, em especial, ao Grupo de Pesquisa GAIA por produzir uma visão geográfica das questões ambientais;

À Profa. Dra. Rosangela Aparecida de Medeiros Hespanhol, coordenadora de nosso Programa de Pós-Graduação durante a maior parte de meu doutorado, pelo todo empenho nesta coordenação e pela didática ao me ensinar as primeiras noções sobre o pensamento geográfico;

À Sueli Aparecida de Souza, moça do campo, por todos os anos de dedicação ao ensino, e por também se interessar em estudar assuntos geográficos sobre o município de Rancharia;

À Profa. Dra. Maria Cristina Perusi, pessoa muito amigável, pelos auxílios em meu primeiro contato com a pesquisa durante minha graduação num estágio realizado no Laboratório de Sedimentologia e Análise de Solos e pela revisão nas minhas qualificações de mestrado e doutorado;

Ao Prof. Dr. Manoel Carlos Toledo Franco de Godoy por ter dedicado grande parte de sua vida aos trabalhos de campo em áreas isoladas e por sua atuação na FCT/UNESP, sendo meu primeiro orientador;

Ao Prof. Adj. João Osvaldo Rodrigues Nunes, contador de histórias, pelas orientações em minha iniciação científica e meu mestrado, por todo incentivo em ir a campo, pela paciência nas piadinhas, enchia meu saco por causa de minha timidez, por nunca ter me convidado para um churrasco, não parava de falar na minha defesa e pela arguição: “tu não apresenta método em sua tese”, agora se vira com esse problema, repensando;

Ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos pelos recursos destinados à construção do prédio dos grupos de pesquisa do Programa de Pós-Graduação da UNESP em Presidente Prudente favorecendo a infraestrutura para auxiliar em nosso conceito ao nível de excelência, fruto das reivindicações do Prof. Dr. Antonio Cezar Leal;

Ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) pelos profissionais com anos dedicados aos relatórios realizados para inúmeros municípios paulistas através de planos de controle de erosão, ao Prof. Dr. Antonio Manoel dos Santos Oliveira, pessoa humilde e com grandes ideias, morou em Gardênia, distrito de Rancharia, por ele ter participado de minha defesa de mestrado, por sua sugestão da busca pela reflexão sobre o empirismo e por ter escrito sua tese sobre depósitos tecnogênicos e processos erosivos tendo Rancharia como sua área de estudo;

Ao Prof. Adj. Ruy Moreira pelos conhecimentos em seminário ministrado durante meu doutorado e ter dito: “por que vocês não mexem com o Bacon?”;

Aos membros da banca de defesa do doutorado Prof. Adj. Rodrigo Lilla Manzione, Prof. Dr. Alex Ubiratan Goosens Peloggia, Profa. Dra. Isabel Cristina Moroz Caccia-Gouveia e Prof. Adj. João Osvaldo Rodrigues Nunes pelas críticas e sugestões que tornaram esta tese mais apreciável;

Ao engenheiro cartógrafo Nemer Amaral Ferreira pelo apoio nos levantamentos topográficos;

À Prefeitura de Rancharia, em especial aos colegas de trabalho Seu Tomoji, Zulmiro, Deborah e Betto pelas informações prestadas;

Ao Carlos Henrique Albano, meu colega de graduação, por um dia ter dito: “tem como fazer até uma tese de doutorado sobre a voçoroca de Rancharia”;

À Escola Técnica do Centro Paula Souza de Rancharia e em especial ao Paulo Custódio de Souza pela doação de mudas e orientações na recuperação da área degradada;

Aos colegas do Programa Rede São Paulo de Formação Docente, pela amizade durante minha tutoria nos cursos de especialização;

À população de Rancharia, cidade onde nasci do qual ofereço esta tese para contribuir na conservação de nosso meio ambiente.

RESUMO

Esta tese apresenta como objetivo realizar uma análise espacial e temporal da boçoroca do Córrego do Grito, localizada na área do perímetro urbano da cidade de Rancharia-SP e apresentar as propostas de controle desta erosão periurbana. Esta boçoroca apresenta indícios de desenvolvimento que remontam a década de 1960, episódios recentes de danos gerados à infraestrutura urbana e presença de processos erosivos ativos nas margens. Para apresentar uma análise geográfica deste caso de processo erosivo são apresentados aspectos do histórico de uso da terra no município de Rancharia e aspectos físico-geográficos e as mudanças de uso da terra na microbacia do Córrego do Grito e em escala de detalhe as informações cartográficas sobre a boçoroca. Diante deste caso de processo erosivo que se perpetua por cinco décadas, nesta tese são apresentadas informações geográficas detalhadas da boçoroca a partir de dados coletados em levantamentos topográficos com equipamentos geodésicos. Durante vinte e quatro meses foi realizado um monitoramento topográfico de parcelas da boçoroca, onde foi constatada uma erosão de rebordo superior a 1,5 m em quatro pontos e uma média de 0,85 m, em toda a parcela monitorada ocorreu uma perda de 305,9 metros quadrados de área. Em relação às propostas de controle do processo erosivo, foram implantados barramentos com fibra vegetal (*Bambusa bambos* L.) numa parcela experimental com o monitoramento do nível de solo por meio de pinos de erosão, e a partir de uma análise comparativa sendo constatada uma média de movimentação de solo superior na parcela experimental sem o uso de barramentos. A partir das mensurações dos níveis de movimentação do solo e de dados de densidade do solo foram apresentadas estimativas de perda de solo nas parcelas experimentais. Na área da parcela experimental com barramentos foram plantadas espécies vegetais nativas com o intuito de contribuir na recuperação da área degradada. Neste sentido, a partir de informações geográficas detalhadas sobre a área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito, a tese visa contribuir no planejamento de futuras medidas para uma recuperação efetiva desta área em Rancharia. A partir da proposta empírica apresentada nesta tese, são apresentadas formas de se repensar sobre a filosofia de Bacon e suas contribuições na Geografia.

Palavras-chave: voçoroca, conservação do solo, controle de erosão, Empirismo, Francis Bacon.

ABSTRACT

This thesis aims to perform a spatial and temporal analysis of the gully of Grito Stream, located in the urban perimeter of the city of Rancharia, and present the proposals to control this peri-urban erosion. This gully presents evidence of development dating back to the 1960s, recent episodes of damage to urban infrastructure and the presence of active erosive processes at the banks. To present a geographic analysis of this case of erosion process are presented aspects of land use history in the municipality of Rancharia and physical-geographic aspects and land use changes in the watershed of the Grito Stream and in detail scale the cartographical information on the gully. In view of this case of erosive process that is perpetuated for five decades, in this thesis detailed geographic information of the gully is presented from data collected in topographic surveys with geodesic equipment. For twenty-four months, a topographic monitoring of borehole plots was carried out, where a ridge erosion greater than 1.5 m was observed in four points and an average of 0.85 m, in all the monitored plot there was a loss of 305.9 square meters of area. In relation to the erosion process control proposals, buses with plant fiber (*Bambusa bambos L.*) were implanted in an experimental plot with soil level monitoring by means of erosion pins, and from a comparative analysis there is a greater upper soil movement in the experimental plot without the use of buses. Based on the measurements of soil movement levels and soil density data, estimates of soil loss were presented in the experimental plots. In the area of the experimental plot with barriers native plant species were planted with the intention of contributing to the recovery of the degraded area. In this sense, based on detailed geographic information on the area degraded by the gully of the Grito Stream, the thesis aims to contribute in the planning of future measures for an effective recovery of this area in Rancharia. From the empirical proposal presented in this thesis are presented ways to rethink the philosophy of Bacon and his contributions on Geography.

Key words: gully, soil conservation, erosion control, Empiricism, Francis Bacon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Mapa da microbacia e da boçoroca do Córrego do Grito	19
Figura 02	Receptor GNSS	21
Figura 03	Estação total topográfica Topcon GTS-239W	22
Figura 04	Marcos de rastreamento dos receptores GNSS	23
Figura 05	Croqui da poligonal-base do levantamento topográfico	24
Figura 06	Monitoramento das rupturas de declive	25
Figura 07	Coleta de amostra de solo com o uso do anel volumétrico	26
Figura 08	Montagem da barreira de bambus	28
Figura 09	Barreira com bambus na horizontal	28
Figura 10	Barreira com bambus impermeabilizados por rafia	29
Figura 11	Cova feita para o plantio	30
Figura 12	Hidratação de muda recém-plantada	30
Figura 13	Sistema Vertente proposto por Clark e Small (1982)	41
Figura 14	Infiltração, armazenagem superficial e escoamento durante um evento de chuva	41
Figura 15	Mapa de alta suscetibilidade à erosão por ravinas e boçorocas do Estado de São Paulo	51
Figura 16	Mapa de ocorrência de boçorocas nas bacias do Rio do Peixe e do Rio Paranapanema	52
Figura 17	Representação ilustrativa de uma boçoroca	53
Figura 18	Erosão remontante por ação dos escoamentos superficiais e subsuperficiais	54
Figura 19	Monitoramento de boçoroca por estacas	59
Figura 20	Parcela experimental com pinos de erosão	60
Figura 21	Gráfico representativo do comportamento temporal do escoamento superficial após a urbanização de uma área	62
Figura 22	Sistemas de revestimento com solo-concreto	65
Figura 23	Calhas construídas com madeiras e pedras	65
Figura 24	Controle de boçoroca com técnicas de bioengenharia de solos	66
Figura 25	Modelo esquemático de controle de boçoroca com emprego de paliçadas	68

Figura 26	Transporte de madeira retirada em Gardênia, distrito de Rancharia, na década de 1940	70
Figura 27	Transporte do algodão para as indústrias beneficiadoras na década de 1950, em Rancharia	71
Figura 28	Secagem do algodão na indústria Anderson Clayton do Brasil S/A, em Rancharia	72
Figura 29	Estrada ameaçada por processos erosivos, município de Rancharia	73
Figura 30	Boçoroca na estrada de Rancharia para Bastos	74
Figura 31	Edificações urbanas em Rancharia na década de 1940	76
Figura 32	Carta das erosões urbanas de Rancharia (1974)	78
Figura 33	Carta do depósito tecnogênico na microbacia do Córrego do Grito, Rancharia-SP	83
Figura 34	Perfis topográficos na bacia de contribuição da boçoroca do Córrego do Grito	85
Figura 35	Carta das formas de relevo da microbacia do Córrego do Grito	86
Figura 36	Carta clinográfica do perímetro urbano da microbacia do Córrego do Grito	87
Figura 37	Representação tridimensional da topografia de áreas a montante da boçoroca do Córrego do Grito	88
Figura 38	Alterações geomorfológicas em trecho de planície aluvial do Córrego do Grito, Rancharia-SP	90
Figura 39	Carta de distribuição dos perfis pedológicos	92
Figura 40	Perfis pedológicos na área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito	93
Figura 41	Índices de erosividade dos anos chuvosos, anos-padrão e anos secos de Rancharia-SP	98
Figura 42	Danos causados à infraestrutura rodoviária	99
Figura 43	Carta de cobertura da terra da microbacia do Córrego do Grito (1962)	105
Figura 44	Carta de cobertura da terra da microbacia do Córrego do Grito (1984)	106
Figura 45	Carta de cobertura da terra da microbacia do Córrego do Grito (2010)	107
Figura 46	Evolução das áreas urbanizadas (em hectares) entre os anos de 1970 e 2010 na microbacia do Córrego do Grito	110
Figura 47	Lote comercial e lote residencial no bairro Parque Maria Adelina, Rancharia-SP	111

Figura 48	Carta de macrodrenagem urbana da microbacia do Córrego do Grito, Rancharia-SP	113
Figura 49	Galerias de águas pluviais implantadas em sistema de macrodrenagem urbana entre as ruas Cândido de Freitas e Mário César de Camargo no bairro Jardim Regina	114
Figura 50	Galeria implantada em área de colapso de solo nas margens da rodovia SP-284 (km 518)	115
Figura 51	Túneis de concreto e muros de gabião implantados abaixo da rodovia SP-284 (km 518)	115
Figura 52	Condições da microdrenagem urbana na Av. Dom Pedro II, Rancharia-SP	117
Figura 53	Carta de cobertura da terra das áreas adjacentes à boçoroca do córrego do Grito	119
Figura 54	Depósito de resíduos sólidos e boçoroca do córrego do Grito	120
Figura 55	Foto aérea da boçoroca do córrego do Grito (1991)	121
Figura 56	Carta topográfica da boçoroca do córrego do Grito em 1991	122
Figura 57	Boçoroca do Córrego do Grito em 2002	123
Figura 58	Expansão da área da boçoroca entre 1962 a 2014	124
Figura 59	Carta de expansão da boçoroca do córrego do Grito (1972-2014)	125
Figura 60	Área e canal de escoamento da boçoroca em 1991 e 2014	126
Figura 61	Perfis topográficos da boçoroca do córrego do Grito em 1991 e 2014.	127
Figura 62	Interior da boçoroca do córrego do Grito em 1998 e 2011	128
Figura 63	Carta topográfica da boçoroca do Córrego do Grito (2014)	129
Figura 64	Galerias de macrodrenagem urbana	130
Figura 65	Galerias do sistema de macrodrenagem urbana na cabeceira da boçoroca do Córrego do Grito	131
Figura 66	Carta de expansão da boçoroca do Córrego do Grito (2015)	132
Figura 67	Carta topográfica da boçoroca do Córrego do Grito (2015)	133
Figura 68	Croqui do monitoramento da erosão remontante	135
Figura 69	Boçoroca do Córrego do Grito após erosão remontante	136
Figura 70	Cabeceira da boçoroca do Córrego do Grito	137
Figura 71	Avanço da erosão remontante danifica infraestrutura urbana	138
Figura 72	Obras emergenciais para contenção da erosão remontante	138

Figura 73	Danos causados às primeiras obras emergenciais	139
Figura 74	Obras de implantação de novas galerias de macrodrenagem urbana	140
Figura 75	Caixa de recepção das águas pluviais e galerias	140
Figura 76	Degraus de recepção das águas pluviais	141
Figura 77	Plantio de gramíneas em área aterrada	142
Figura 78	Ravina formada no aterro após a implantação das obras de controle da erosão urbana	142
Figura 79	Área do setor montante do monitoramento	145
Figura 80	Área do setor jusante do monitoramento	146
Figura 81	Gráfico de regressão linear de variações das distâncias	148
Figura 82	Médias das variações de distâncias nos setores	149
Figura 83	Carta de erosão de rebordo	150
Figura 84	Talude na margem direita da boçoroca	151
Figura 85	Localização da parcela experimental	152
Figura 86	Dimensões da barreira A	153
Figura 87	Dimensões da barreira B	153
Figura 88	Carta topográfica da parcela experimental 01	154
Figura 89	Gráfico de regressão linear com dados da parcela experimental 01	156
Figura 90	Carta topográfica da parcela experimental 02	157
Figura 91	Gráfico de regressão linear com dados da parcela experimental 02	158
Figura 92	Parcela experimental com barreiras após doze meses de monitoramento	159
Figura 93	Plantio de muda próximo à barreira de controle de erosão	162
Figura 94	Carta de distribuição das espécies na área de recuperação	163
Figura 95	Espécie plantada na área de recuperação	163
Figura 96	Cabeceira da boçoroca próxima da cerca de divisa	196
Figura 97	Boçoroca atinge calçada da Avenida Dom Pedro II	196
Figura 98	Destruição de estruturas de distribuição de água e coleta de esgoto	197
Figura 99	Perfil da boçoroca com canal de escoamento e solos e depósitos tecnogênicos expostos	197

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Descrição morfológica dos perfis pedológicos	93
Tabela 02	Classes texturais dos horizontes pedológicos e a condutividade hidráulica	94
Tabela 03	Erodibilidade dos horizontes pedológicos	95
Tabela 04	Índices pluviométricos diários	98
Tabela 05	Formas de cobertura da terra na microbacia do Córrego do Grito, Rancharia-SP em relação ao fator C	102
Tabela 06	Loteamentos urbanos da parte oeste da cidade de Rancharia-SP	108
Tabela 07	Áreas da boçoroca entre 1962 e 2014	123
Tabela 08	Variações de distâncias (m) dos pontos de monitoramento no setor montante	144
Tabela 09	Variações de distâncias (m) dos pontos de monitoramento no setor jusante	146
Tabela 10	Média da variação das distâncias em relação aos períodos de monitoramento	151
Tabela 11	Níveis de erosão e deposição na parcela experimental 01	155
Tabela 12	Níveis de erosão na parcela experimental 02	157
Tabela 13	Densidade do solo em pontos das parcelas experimentais	160
Tabela 14	Índices pluviométricos mensais (mm) e EI_{30} mensais (MJ.mm.h/ha/ano) nos anos chuvosos em Rancharia-SP	184
Tabela 15	Índices pluviométricos mensais (mm) e EI_{30} mensais (MJ.mm.h/ha/ano) nos anos-padrão em Rancharia-SP	185
Tabela 16	Índices pluviométricos mensais (mm) e EI_{30} mensais (MJ.mm.h/ha/ano) nos anos secos em Rancharia-SP	186
Tabela 17	Índices pluviométricos (mm) do município de Rancharia-SP (2014)	187
Tabela 18	Índices pluviométricos (mm) do município de Rancharia-SP (2015)	188
Tabela 19	Índices pluviométricos (mm) do município de Rancharia-SP (2016)	189
Tabela 20	Índices pluviométricos (mm) do município de Rancharia-SP (2017)	190
Tabela 21	Localização dos pontos de monitoramento	191
Tabela 22	Planilha de cálculo da área erodida após 24 meses de monitoramento	192
Tabela 23	Índices de cobertura da terra (C) na microbacia do Córrego do Grito	193

SUMÁRIO

1	Introdução e Justificativa	14
2	Hipóteses e Objetivos	17
3	Apresentação da área de estudo	18
4	Procedimentos metodológicos	20
4.1	Procedimentos de campo e laboratoriais	21
4.1.1	Levantamento topográfico	21
4.1.2	Monitoramento da boçoroca	25
4.1.3	Determinação da densidade do solo	26
4.1.4	Parcelas experimentais para o controle da erosão linear	27
4.1.5	Plantio de espécies para recuperação	29
4.2	Procedimentos de gabinete	31
4.2.1	Elaboração de carta de expansão da boçoroca	31
4.2.2	Fotointerpretação e elaboração de carta das formas de relevo	32
4.2.3	Elaboração de cartas hipsométrica e clinográfica	32
4.2.4	Elaboração de carta de cobertura da terra	33
4.2.5	Cálculos dos índices de erosividade da chuva	33
4.2.6	Cálculos dos índices de erodibilidade dos solos	34
4.2.7	Cálculos dos índices de cobertura da terra	34
	Capítulo 01 – A erosão de solos, métodos empíricos e práticas de controle de boçorocas	35
5.1	A concepção filosófica do empirismo diante dos problemas ambientais e das estratégias de recuperação ambiental	35
5.2	O solo e suas interações com o ambiente	38
5.3	A erosão de solos: tipos e dinâmicas	46
5.4	Os métodos experimentais e as estimativas de perda de solos	56
5.5	A drenagem urbana e as políticas de controle da erosão urbana	61
5.6	As práticas de controle das boçorocas	64
	Capítulo 02 - O histórico de uso da terra e das erosões lineares no município de Rancharia	69
6.1	Os usos pioneiros da terra e o surgimento dos processos erosivos lineares	69
6.2	O histórico das erosões urbanas	75

6.3	A política municipal de controle e prevenção da erosão urbana	79
	Capítulo 03 - O meio físico, as mudanças no uso da terra e as relações com o boçorocamento na microbacia do Córrego do Grito	81
7.1	O substrato geológico e os depósitos tecnogênicos	81
7.2	As formas de relevo e as condições topográficas	84
7.3	A suscetibilidade dos solos à erosão linear	91
7.4	A erosividade das chuvas e os eventos do fenômeno ENOS	97
7.5	O histórico de uso e ocupação da terra	100
7.6	A expansão das áreas urbanas e a drenagem urbana	108
	Capítulo 04 - O desenvolvimento da boçoroca do Córrego do Grito	118
8.1	O surgimento da boçoroca e seu desenvolvimento nas últimas cinco décadas	118
8.2	A erosão remontante e as práticas de controle da erosão urbana	130
	Capítulo 05 – Resultados práticos: monitoramento de ravinas e parcelas experimentais de controle da erosão linear	144
9.1	Análise da dinâmica espacial e temporal de ravinas	144
9.2	O controle da erosão linear em parcelas experimentais	152
9.3	Estimativa de perdas de solo nas parcelas experimentais	160
9.4	Recuperação de área degradada com espécies vegetais	162
	Capítulo 06 - Considerações finais: grandes escalas e visitas frequentes a campo o empirismo e a proposta de valorização prática e indutiva na Geografia	165
10.1	A importância do empirismo e da análise espaço-temporal na Geografia	165
10.2	Aspectos intrínsecos ao meio físico	165
10.3	O mercado de trabalho do bacharel em Geografia e a necessidade de diálogo da universidade com os órgãos públicos e institutos autônomos de pesquisas	167
10.4	A dinâmica espaço-temporal da boçoroca e medidas sugeridas ao curto e médio prazo	169
10.5	Contribuição das técnicas de baixo custo no controle da erosão linear e medidas sugeridas ao longo prazo	169
10.6	Conclusões: o fim do medo de ir a campo – ser prático e o uso da criatividade a partir dos resultados empíricos	170
11	Referências	174
12	Apêndice	184
13	Anexos	194

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A erosão de solos tornou-se um dos principais problemas gerados pela degradação ambiental, situação que se agrava em virtude do aumento da demanda populacional por alimentação. De acordo com Morgan (2005) de 1,6 bilhão de hectares de áreas cultivadas no mundo, cerca de 217 milhões de hectares estão em condições de degradação irreversíveis pela ação da erosão hídrica e cerca de 780 milhões de hectares estão em condições de degradação moderada. No Brasil, as perdas de solo são estimadas em aproximadamente 848 milhões de toneladas ao ano (MERTEN; MINELLA, 2013).

Além dos impactos causados no campo, a erosão de solos gera danos ambientais e sociais às cidades, situação que se agrava caso estes processos erosivos estejam associados às boçorocas. As boçorocas urbanas representam um sério estágio de degradação dos solos, cujo desenvolvimento gera danos à infraestrutura urbana, riscos à estabilidade de moradias, desvalorização de terras, gastos públicos para o seu controle, assoreamento dos corpos d'água de suas microbacias e contaminação do solo e dos recursos hídricos devido às condições de degradação.

De acordo com Almeida Filho et al. (2015) foram cadastrados 41.262 processos erosivos lineares em todo o Estado de São Paulo, sendo 30.953 boçorocas, das quais 949 foram identificadas em áreas urbanas. No município de Rancharia foram identificadas duas boçorocas urbanas e 170 boçorocas rurais num levantamento realizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2012).

Apesar do número expressivo de boçorocas urbanas no Estado de São Paulo e dos gastos públicos em controle da erosão urbana, é reduzido o número de trabalhos científicos e técnicos sobre as boçorocas em cidades de pequeno porte. Além da escassez de estudos científicos diretamente relacionados à erosão urbana, são raros os casos de recuperação efetiva das áreas que foram degradadas por boçorocas urbanas, tendo como um dos fatores os gastos expressivos necessários. Dentre os exemplos de gastos governamentais para o controle das boçorocas urbanas, segundo o Departamento de Águas e Energia Elétrica (2012) foram gastos cerca de 15 milhões de reais em obras para estabilização da “Erosão Sul” na cidade de Paraguaçu Paulista, cuja voçoroca possui um canal de aproximadamente 1.800 m, e para a recuperação da área degradada pela “Erosão das Thermas” em Paraguaçu Paulista, seriam gastos aproximadamente 11 milhões de reais para a implantação de macrodrenagem e a canalização do curso d'água num trecho de aproximadamente 1.240 m.

Diante do grande número de boçorocas urbanas no Estado de São Paulo, Rancharia é uma das cidades de pequeno porte que sofre com o desenvolvimento da erosão urbana. As boçorocas urbanas de Rancharia foram analisadas por Oliveira (1994) ao apresentar uma tese sobre os depósitos tecnogênicos gerados por sedimentos produzidos por estas boçorocas na microbacia do Ribeirão Rancharia.

Destas boçorocas urbanas de Rancharia, a boçoroca do Córrego do Grito, denominada pela população local por “erosão do DER” ou “erosão da Avenida Dom Pedro II”, nos últimos anos apresentou-se ativa conforme foi constatado pelos avanços da erosão remontante que ameaçou moradias na área de risco em 1998 e causou sérios danos à infraestrutura urbana ao atingir uma avenida da cidade em 2015.

Diante dos riscos apresentados pelo desenvolvimento da boçoroca do Córrego do Grito, torna-se pertinente um estudo geográfico para analisar a evolução espacial e temporal deste processo erosivo. De acordo com Guerra (2005, p. 34): “[...] as voçorocas são formas resultantes de processos erosivos acelerados que evoluem no tempo e no espaço”.

A análise da dinâmica espacial e temporal da boçoroca demanda a aquisição de dados espaciais com precisão topográfica através de metodologias empíricas e a produção de documentos cartográficos com informações georreferenciadas. Estas informações espaciais coletadas empiricamente com precisões topográficas contribuem para uma análise detalhada do processo erosivo linear para a delimitação das áreas críticas e prioritárias para a implantação de técnicas de controle.

Apesar da dificuldade de recuperação da área degradada pela boçoroca, é possível a escolha de parcelas desta área degradada para a aplicação de técnicas com o uso de materiais de baixo custo, cujos resultados experimentais podem se tornar referenciais para futuros projetos que recuperem áreas com condições similares de degradação.

Em seu desenvolvimento, uma boçoroca pode apresentar uma série de processos específicos e a dinâmica destes processos pode ocorrer de forma irregular, e na maioria dos casos é difícil uma previsão de ocorrência dos fenômenos, como a erosão remontante. Entretanto, os resultados de monitoramentos empíricos e a análise de documentos cartográficos de períodos pretéritos favorece a melhor compreensão deste desenvolvimento e auxilia na demarcação das áreas de risco.

Ao partir do estudo de caso da boçoroca do Córrego do Grito, localizada na área periurbana de Rancharia (SP) o trabalho foi estruturado considerando as escalas do município de Rancharia, da microbacia do Córrego do Grito e da boçoroca desta microbacia. Os resultados deste trabalho foram apresentados conjuntamente com uma caracterização das

áreas respeitando a proposta escalar e uma contextualização numa sequência do tempo cronológico, visto que a análise do processo de boçorocamento envolve relações entre diversos fatores que devem ser compreendidos na escala espacial e temporal.

O desenvolvimento textual foi estruturado nos seguintes capítulos:

➤ Capítulo 01: apresenta o contexto das pesquisas geográficas diante os cenários de degradação ambiental e a importância destas pesquisas para as propostas de recuperação, os aspectos conceituais sobre a formação dos solos e as interações hidropedológicas que interferem na conservação dos solos, os conceitos sobre a erosão dos solos e fundamentos sobre as boçorocas, o desenvolvimento das estimativas de perda de solos no campo científico e as metodologias empíricas para quantificar estas perdas, os impactos causados pela urbanização em microbacias e as políticas para o controle da erosão urbana no Estado de São Paulo e exemplos de controle de boçorocas envolvendo técnicas sustentáveis;

➤ Capítulo 02: é apresentado um histórico do município de Rancharia relacionando seus aspectos sociais e econômicos com o surgimento e o desenvolvimento de erosões lineares no campo e na cidade;

➤ Capítulo 03: apresenta os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos, as mudanças no uso da terra e a drenagem urbana na microbacia do Córrego do Grito relacionando aos fatores que condicionaram no desenvolvimento da boçoroca urbana;

➤ Capítulo 04: este item apresenta sobre a evolução espacial e temporal da boçoroca nas últimas cinco décadas, sendo destacados os eventos de erosão remontante;

➤ Capítulo 05: apresenta os resultados sobre a dinâmica atual do boçorocamento, de uma parcela experimental com técnica de controle do processo erosivo e estimativas de perdas de solo com comparações entre as parcelas experimentais;

➤ Capítulo 06: apresenta os apontamentos finais da tese sobre a importância de repensar as escalas espacial e temporal em uma proposta de maior valorização do conhecimento técnico e indutivo na Geografia.

2 HIPÓTESES E OBJETIVOS

Nesta tese são propostas as seguintes hipóteses: É válida a aplicação de metodologias empíricas para a compreensão da análise espacial e temporal do processo acelerado de perdas de solo? É válida a aplicação de técnicas de baixo custo no controle de processos erosivos lineares de pequenas e médias dimensões em área degradada por boçoroca? A proposta empirista baconiana é válida para rever as concepções teóricas sobre os processos erosivos lineares?

A pesquisa de doutorado possui como objetivo geral analisar geograficamente a dinâmica da boçoroca do Córrego do Grito, a partir das escalas espaciais e temporais, a fim de apresentar propostas de controle da erosão e a recuperação das áreas afetadas por este boçorocamento.

Para se atingir o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

1. Abordar conceitualmente a erosão de solos e os referenciais sobre processos erosivos lineares;
2. Caracterizar o histórico de ocupação da terra no município de Rancharia e suas relações com as erosões urbanas;
3. Caracterizar os aspectos geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climatológicos, as mudanças no uso da terra e a drenagem urbana da microbacia do Córrego do Grito e relacionar às causas do processo de boçorocamento;
4. Analisar a evolução da boçoroca nas últimas cinco décadas e sua dinâmica atual na microbacia do Córrego do Grito;
5. Aplicar técnicas de controle da erosão linear na escala experimental e propor medidas para a recuperação da área degradada analisada nesta tese.

3 APRESENTAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Esta tese apresenta um enfoque na área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito, situada no perímetro urbano de Rancharia (SP). Além de apresentar informações geográficas detalhadas da boçoroca do Córrego do Grito, esta tese apresenta uma caracterização histórica do município de Rancharia relacionando as mudanças do uso da terra e o desenvolvimento dos processos erosivos e uma caracterização físico-geográfica e de uso da terra da microbacia do Córrego do Grito.

O município de Rancharia está situado a 520 km da capital do Estado de São Paulo, sendo limítrofe ao norte pelo Rio do Peixe, ao sul pelo Rio Capivara, ao oeste pelos municípios de Martinópolis e Iepê e ao leste pelos municípios de João Ramalho e Paraguaçu Paulista, possuindo uma área territorial de 158.749,8 ha, e uma população estimada de 29.778 habitantes em 2015 (IBGE, 2016).

De acordo com o Censo Agropecuário de 2006, em relação ao uso da terra, o município de Rancharia possuía 2.697 ha de pastagens degradadas e apenas 980 ha de matas naturais, sendo 15 ha de terras degradadas, ou seja, de áreas erodidas (IBGE, 2016). Em relação à atividade agropecuária, no município de Rancharia ocorreu uma ampliação do cultivo de cana-de-açúcar de 21.000 ha de área plantada em 2010 para 44.586 ha de área plantada em 2014. Em 2014, as outras culturas temporárias que se destacaram no município foram: a soja com uma área plantada de 15.033 ha, o milho com uma área plantada de 11.200 ha e o amendoim com uma área plantada de 5.000 ha. O cultivo do algodão herbáceo que se destacou no município entre as décadas de 1940 e 1950, em 2014 se restringiu a 72 ha de área plantada (IBGE, 2016).

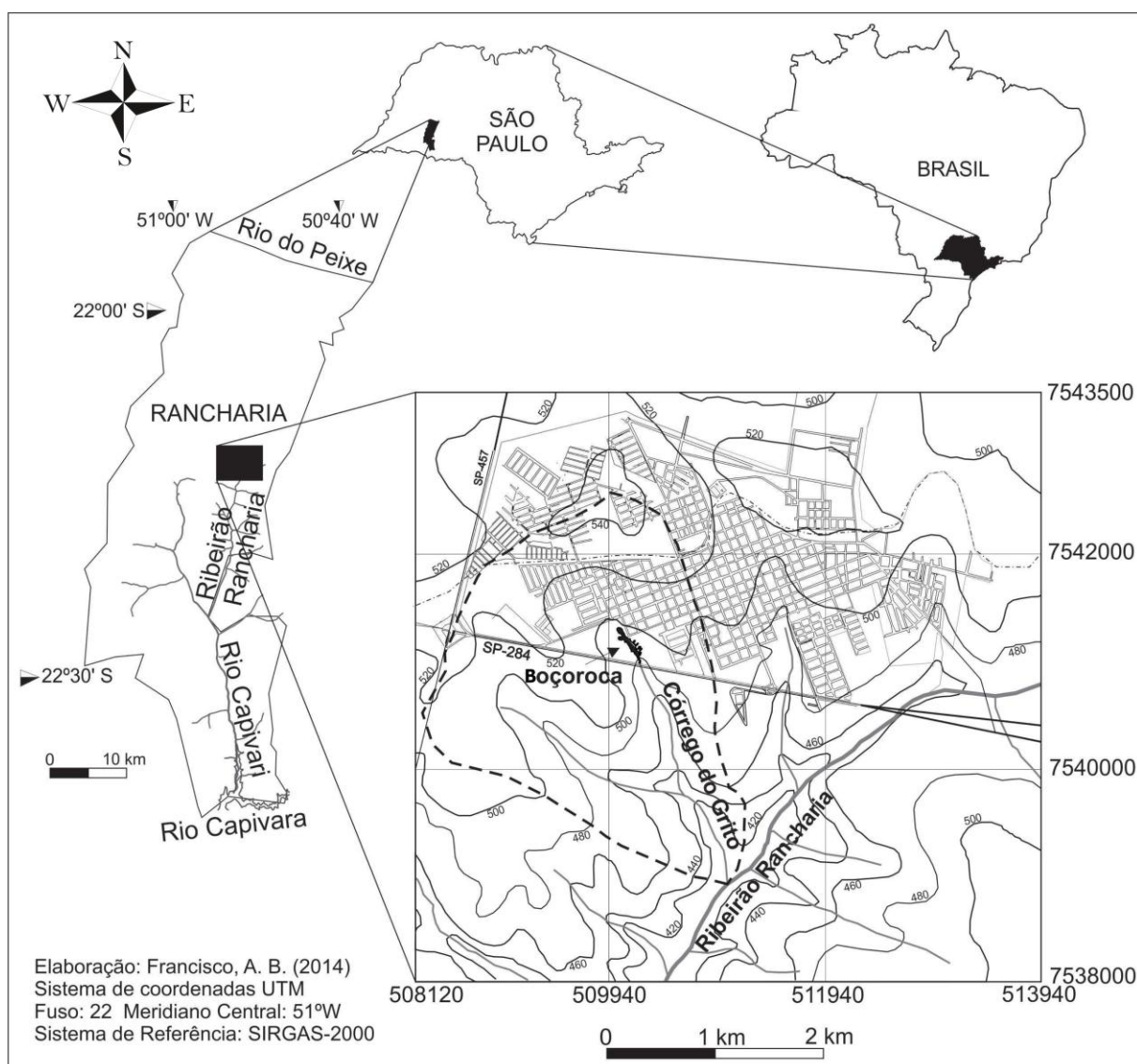
A cidade de Rancharia apresentava uma população residente de 25.828 habitantes em 2010 (IBGE, 2016). Em 2005, o perímetro urbano de Rancharia possuía uma área de 1.076 ha. A cidade de Rancharia desenvolveu-se próxima ao divisor de águas entre as bacias do Ribeirão da Confusão (bacia do Rio do Peixe) e do Ribeirão Rancharia (bacia do Rio Paranapanema), cuja área urbana teve maior expressão no eixo leste-oeste na porção ao sul da ferrovia (Estrada de Ferro Sorocabana, atual América Latina Logística). Neste sentido a área urbanizada ocupou as proximidades das cabeceiras dos afluentes do Ribeirão Rancharia (Córrego Água da Lavadeira e Córrego do Grito). (TEIXEIRA, 2015).

Esta tese apresenta a proposta de análise da microbacia porque não tem como estudar erosão hídrica sem considerar o escoamento superficial e a drenagem hidrológica.

A microbacia do Córrego do Grito que possui uma área de aproximadamente 657,14 ha, sendo cerca de 272,60 ha localizados no perímetro urbano de Rancharia (41,48% da microbacia) e destes 176,35 ha encontram-se urbanizados (26,34% da microbacia). O leito do Córrego do Grito possui uma extensão de 2.250 m de comprimento. O ponto mais elevado da microbacia possui uma cota de 548 m e o ponto mais baixo da microbacia possui uma cota de 417 m.

A área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito está localizada no setor sudoeste do perímetro urbano da cidade de Rancharia, sendo a boçoroca do Córrego do Grito possuindo uma área de aproximadamente 17.000 m², com 415 m de comprimento e larguras que variam de 15 m a 80 m (dados de outubro de 2015). A figura 01 mostra a localização da boçoroca e da microbacia do Córrego do Grito.

Figura 01 – Mapa da microbacia e da boçoroca do Córrego do Grito.



4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa de doutorado é organizada conforme seus objetivos, procedimentos e áreas de estudo a partir das escalas de análise apresentadas no quadro 01.

Quadro 01 – Escalas da proposta metodológica nas áreas de estudo.

Escala	1:25.000 a 1:10.000	1:1.000	1:500 e/ou sem escala
Objetivos	Analisar o histórico do uso e ocupação da terra no município e na microbacia, identificar as feições erosivas lineares, a expansão da urbanização e as medidas aplicadas para o controle da erosão urbana.	Analisar a evolução espaço-temporal da boçoroca do Córrego do Grito pelo diagnóstico através de mensurações de campo.	Aplicar as parcelas experimentais e propor medidas de recuperação da área degradada.
Procedimentos	Aerofotointerpretação e sensoriamento remoto, elaboração de cartas temáticas, caracterização pluviométrica, geomorfológica e pedológica.	Levantamento topográfico planialtimétrico, identificação das microformas de relevo e perfis pedológicos.	Instalação, monitoramento e manutenção de barramentos e plantio de espécies nativas
Área de estudo	Microbacia do Córrego do Grito	Boçoroca do Córrego do Grito	Parcelas em áreas de risco

4.1 PROCEDIMENTOS DE CAMPO E LABORATORIAIS

4.1.1 Levantamento topográfico

Para a elaboração das cartas topográficas da boçoroca e o monitoramento da erosão de rebordo foram realizados levantamentos topográficos com o emprego de receptores GNSS (*Global Navigation Satellite System*¹) e estação total topográfica, sendo estes equipamentos apresentados pela figura 02 e figura 03.

Figura 02 – Receptor GNSS.



Foto: Francisco, A. B. Data: 15/09/2014.

¹Os Sistemas de Posicionamento Global por Satélite atualmente em operação são o sistema norte-americano NAVSTAR-GPS (*Global Positioning System*) e o sistema russo GLONASS (*Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema*). Os receptores GNSS de frequências L1/L2 são capazes de captar os dados transmitidos pelos sistemas NAVSTAR-GPS e GLONASS.

Figura 03 – Estação total topográfica Topcon GTS-239W.



Foto: Francisco, A. B. Data: 15/09/2014.

Para a execução do levantamento topográfico planialtimétrico, inicialmente foi realizado o reconhecimento de campo para a fixação dos marcos (pontos de apoio) e dos pontos definidores da poligonal base (estacas). Os quatro marcos foram fixados para o rastreamento do receptor GNSS, com o auxílio de piquetes de madeira e de estacas de identificação, como apresentam as figuras 04a e 04b.

Figura 04a e 04b – Marcos de rastreio dos receptores GNSS.



Fotos: Francisco, A. B. Data: 10/09/2014.

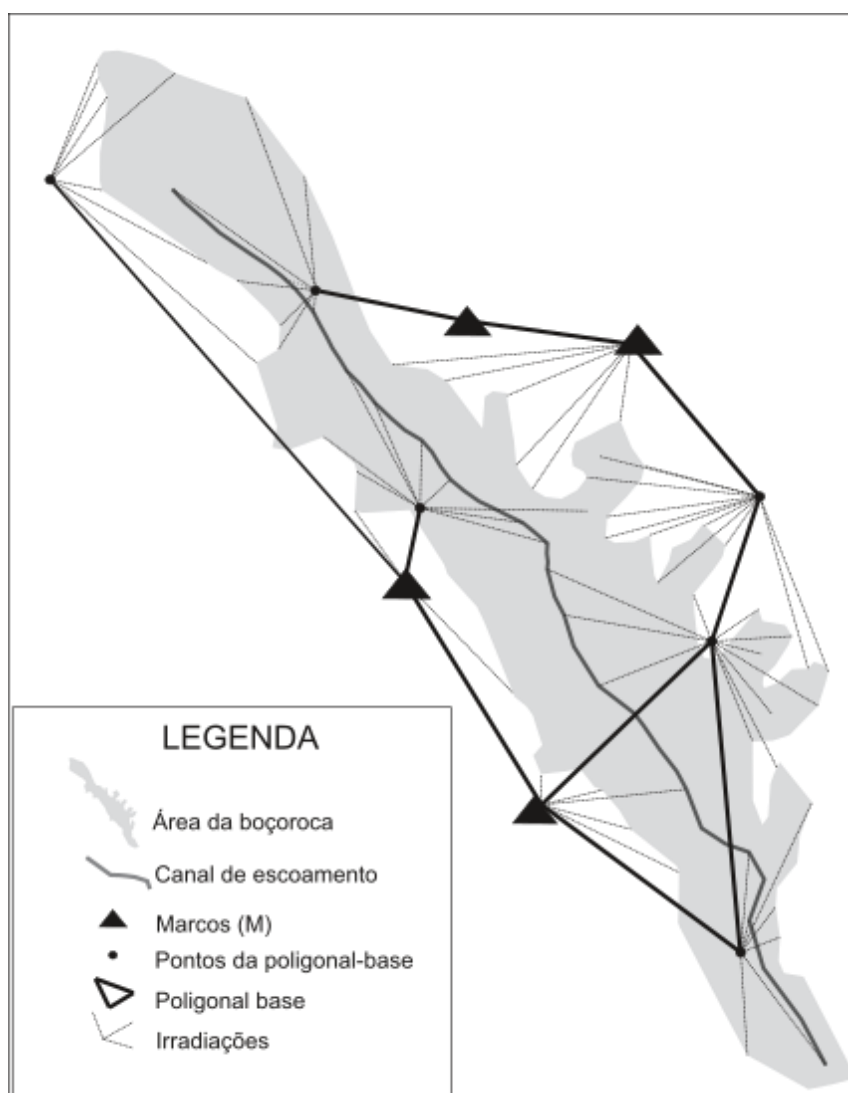
Após a fixação, nos pontos de apoio materializados foram estacionados e centrados os receptores GNSS para rastreio de dados de no mínimo 02 horas, visto que a distância da área de estudo em relação à estação de monitoramento contínuo de Presidente Prudente é de aproximadamente 54 km, para obter, após o pós-processamento, com a acurácia de aproximadamente 10 mm nos pontos de apoio materializados. Em gabinete, os dados de rastreio coletados pelos receptores GNSS foram arquivados em microcomputador através do aplicativo PC-CDU. Estes dados arquivados foram posteriormente pós-processados no aplicativo Topcon Tools, tendo os dados da estação fixa Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo-Presidente Prudente como referência.

A próxima etapa se consiste na fixação dos pontos definidores da poligonal-base, tendo como pontos de partida e pontos de chegada os quatro pontos de apoio materializados. Estes pontos vértices da poligonal-base foram fixados no terreno com o auxílio de piquetes, onde a estação total foi centrada e nivelada. Devido à existência de uma área com terreno irregular e alguns setores de difícil acesso, optou-se por elaborar uma poligonal-base do tipo enquadrada, a partir de dois pontos materializados com rastreio do receptor GNSS (marcos) e outros dois pontos de chegada materializados. A partir dos pontos vértices da poligonal-base foram coletados os pontos de irradiação, definidores do terreno a ser representado no mapeamento, tendo as seguintes convenções: rupturas de declive, canal de escoamento, planície da boçoroca e terreno. Os pontos de irradiação são coletados a partir de um sinal

infravermelho emitido pela estação total e refletido por um prisma, sendo este fixado num bastão ou tripé (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994).

Este procedimento de definição da poligonal base e obtenção dos pontos de irradiação é ilustrado pelo croqui da figura 05.

Figura 05 – Croqui da poligonal-base do levantamento topográfico.



Elaboração: Francisco, A. B. (2014).

Os dados obtidos no levantamento topográfico foram processados no aplicativo Topograph², com a finalidade de partir dos pontos de apoio e de irradiação serem interpoladas as cotas altimétricas e garantir a geração de carta topográfica da boçoroca do Córrego do Grito. Nas áreas de difícil acesso, onde não foi possível utilizar os equipamentos geodésicos e topográficos na coleta dos pontos, foram calculados pontos de cotas altimétricas a partir dos

² Aplicativo desenvolvido pela empresa Bentley.

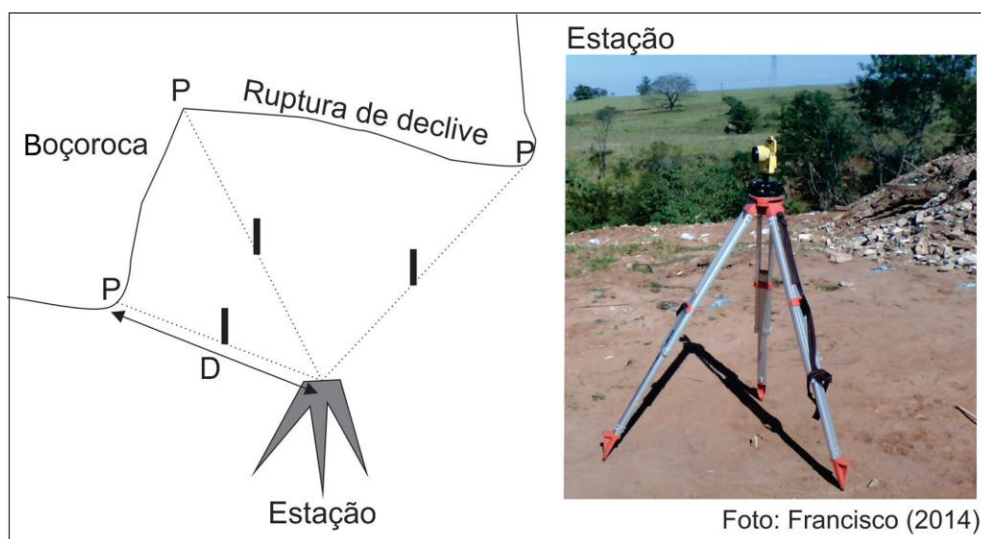
pontos coletados em campo e expressão matemática de cálculo de declividade (distâncias e graus de declividade). Os dados topográficos foram utilizados como referências para o georreferenciamento de imagens de sensoriamento remoto e fotos aéreas e base topográfica para análise da evolução espacial e temporal da boçoroca do Córrego do Grito, no Sistema de Informação Geográfica QGIS³.

4.1.2 Monitoramento da boçoroca

Os levantamentos topográficos são aplicados no monitoramento de erosões lineares e na topografia convencional utilizam-se as estacas de madeira ou vergalhão para materializar os pontos de referência.

Para a realização do monitoramento em campo, foram fixadas estacas de vergalhão na parte externa da boçoroca, há uma distância de 10 m entre as estacas e as rupturas de declive (rebordo). Para obter os dados de monitoramento foi aplicado o procedimento topográfico das irradiações através do emprego de uma estação total com a coleta de dados a partir de sinais infravermelhos refletidos por um prisma que permanece nos pontos para obter as distâncias. Para garantir a coleta do mesmo ponto de amostragem durante as visitas posteriores ao campo, a estação total é fixada nos marcos ou estacas com coordenadas conhecidas e a mira é orientada na direção da estaca de vergalhão e de acordo com um azimuth definido na primeira visita a campo. A figura 06 ilustra este procedimento.

Figura 06 – Monitoramento das rupturas de declive.



Elaboração: Francisco, A. B. (2014). Data da foto: 15/09/2014.

³ Aplicativo livre desenvolvido pela organização *Open Source Geospatial Foundation* (OSGeo).

Por causa da dificuldade de aspectos de transporte dos equipamentos topográficos não foi possível optar pelo monitoramento mensal e foi proposta a escolha de uma visita a cada 2 meses no período histórico de chuvas concentradas.

O monitoramento foi iniciado em 15 de setembro de 2014, cujas mensurações de campo foram realizadas aproximadamente nos dias 15 dos meses de dezembro, fevereiro, abril e setembro, até o dia 15 de setembro de 2016, totalizando 24 meses de monitoramento da erosão de rebordo da boçoroca. Os dados das variações de distância por erosão de rebordo são comparados com os índices pluviométricos fornecidos pela estação meteorológica do município de Rancharia coordenada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

4.1.3 Determinação da densidade do solo

Na coleta da amostra de solo para a determinação da densidade do solo é introduzido o anel no horizonte pedológico, evitando compactar o solo (Figura 07) e após coletada a amostra são aparadas as extremidades do solo com o auxílio de uma faca. O anel contendo a amostra de solo é colocado numa caixa de alumínio e selada com fita adesiva para evitar movimentações do anel.

Figura 07 – Coleta de amostra de solo com o uso do anel volumétrico



Foto: Francisco, A. B. Data: 10/03/2017

No laboratório as amostras são mantidas em estufa durante 24 horas numa temperatura de 105° C. Após esta etapa, o anel com a amostra seca é pesado em balança analítica. O valor da densidade é obtido pelo cálculo da razão da massa da amostra seca e o volume do anel (CAMARGO et al., 2009).

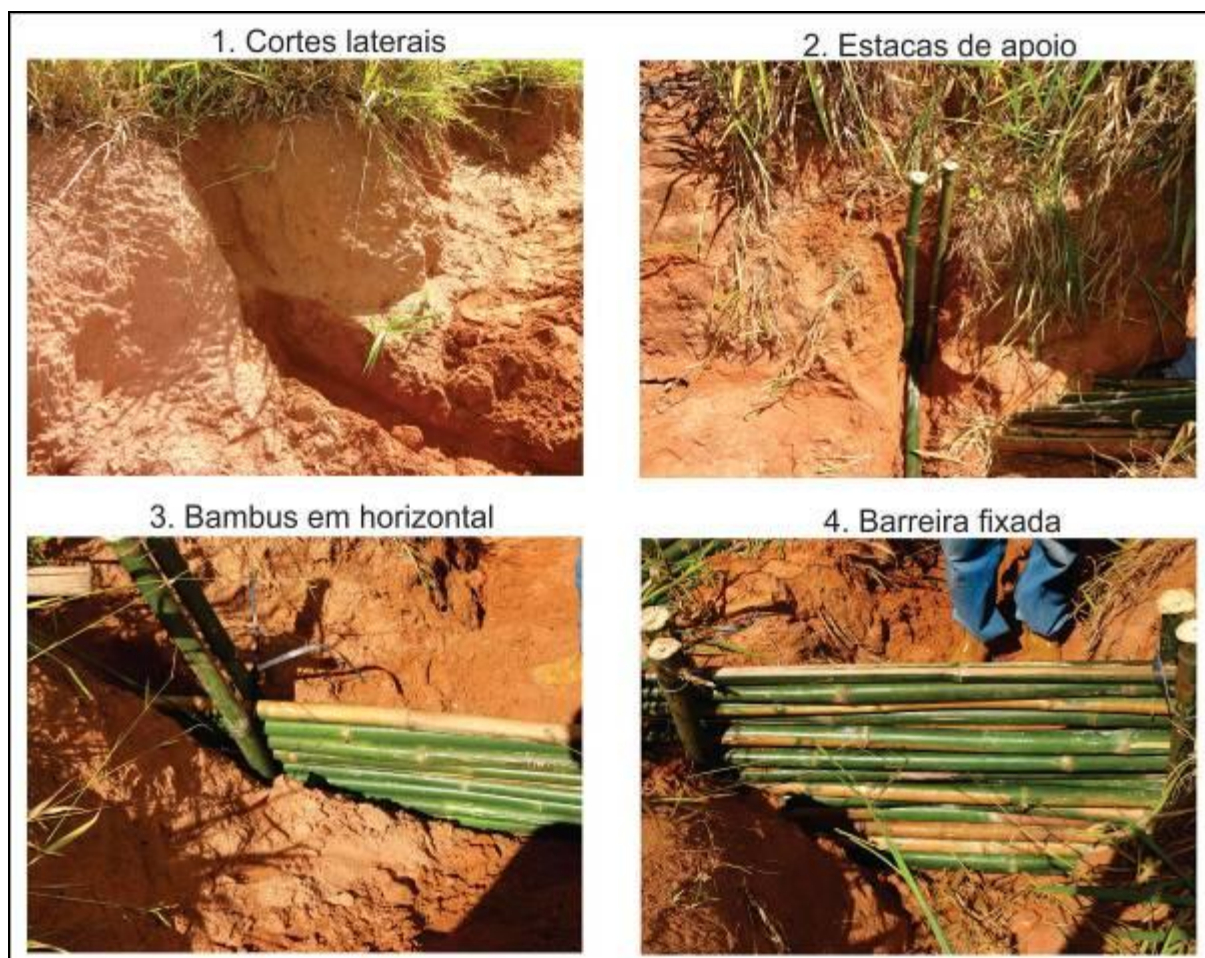
4.1.4 Parcelas experimentais para o controle da erosão linear

A implantação das barreiras com bambus cortados e empilhados na horizontal é realizada preferencialmente em feições erosivas lineares com canais incisivos de aproximadamente 1 m de profundidade. A barreira de bambus (*Bambusa bambos* L.) foi implantada conforme os seguintes procedimentos:

- a) Seleção do local de implantação com a anotação das medidas do canal incisivo e estimativa das dimensões dos materiais;
- b) Transporte dos materiais e equipamentos: bambus, ráfias de polipropileno, arames, enxadão, alicate e marreta;
- c) Cortes laterais no canal incisivo para garantir o apoio dos bambus na posição horizontal;
- d) Montagem da barreira com empilhamento dos bambus na horizontal (Figuras 08 e 09);

A figura 08 (a ao d) apresenta o procedimento de implantação da barreira de bambus (*Bambusa bambos* L.).

Figura 08a 08b 08c 08d – Montagem da barreira de bambus (*Bambusa bambos* L.).



Fotos: Francisco, A. B. Data: 15/09/2015

Figura 09 – Barreira com bambus na horizontal.



Foto: Francisco, A. B. Data: 15/09/2015

e) Impermeabilização do lado montante da barreira com o uso de rafia de polipropileno (Figura 10).

Figura 10 – Barreira com bambus impermeabilizados por rafia.



Foto: Francisco, A. B. Data: 15/09/2015

A análise das barreiras em relação á perda de solo e acúmulo de sedimentos é realizado através de monitoramento topográfico pelo método dos pinos (MORGAN, 2005).

4.1.5 Plantio de espécies para recuperação

Na área das parcelas experimentais com barreiras foram plantadas 12 mudas de espécies nativas, seguindo as seguintes recomendações da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2016):

- a) Retirada de gramíneas e formação de coroa no local onde será feito o plantio;
- b) Fazer uma cova de aproximadamente 25 cm de profundidade para assentar a muda, como mostra a figura 11;

Figura 11 – Cova feita para o plantio



Foto: Francisco, A.B. Data: 20/11/2016.

c) A cova é enterrada com uma mistura de terra e adubo químico, e posteriormente é feita a hidratação da planta como mostra a figura 12;

Figura 12 – Hidratação da muda recém-plantada



Foto: Francisco, A.B. Data: 20/11/2016.

d) Após o plantio é feito o recobrimento da coroa com palhas.

As espécies plantadas são elencadas no quadro 02.

Quadro 02 – Lista de espécies vegetais

Nome popular	Nome científico
Acácia amarela	<i>Acacia farnesiana</i>
Baba-de-boi	<i>Cordia superba</i>
Figueira branca	<i>Ficus guaranitica</i>
Ingá-mirim	<i>Inga fagifolia</i>
Nêspera	<i>Eriobotrya japonica</i>
Pau-formiga	<i>Triplaris americana</i>
Sabão-de-soldado	<i>Sapindus saponaria</i>
Urucum	<i>Bixa orellana</i>
Uvaia	<i>Eugenia pyriformis</i>

Fonte: Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (2016).

4.2 PROCEDIMENTOS DE GABINETE

4.2.1 Elaboração da carta de expansão da boçoroca

Para a elaboração da carta de expansão da boçoroca do Córrego do Grito foram utilizadas as seguintes fotos aéreas:

- a) do Instituto Agrônômico de Campinas (1962), escala 1:25.000 executadas pela Geofoto;
- b) do Instituto Brasileiro do Café (1972), escala 1:25.000, executadas pela Força Aérea Brasileira;
- c) do Instituto Geográfico e Cartográfico (1984), escala 1:35.000, executadas pela Terrafoto S/A;
- d) da Prefeitura Municipal de Rancharia (1991), escala 1:10.000.

Nesta elaboração de carta de expansão da boçoroca do Córrego do Grito também foi utilizada a imagem de sistema sensor orbital do satélite Ikonos datada de 04/09/2002, fornecida pelo aplicativo Google Earth.

As fotos aéreas e a imagem de sensoriamento remoto foram georreferenciadas⁴ num banco de dados do Sistema de Informação Geográfica QGIS. No ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas) a boçoroca do Córrego do Grito foi delimitada e foram obtidas

⁴ Para o georreferenciamento foram utilizados os dados do levantamento topográfico realizado na área de estudo.

as áreas referentes a cada uma das fotos aéreas e imagem. Posteriormente, as feições da boçoroca foram exportadas para o ambiente CAD (Computer Aided Design) e a carta de expansão da boçoroca do Córrego do Grito foi editada no aplicativo Inkscape⁵.

4.2.2 Fotointerpretação e elaboração de carta de formas de relevo

A carta topográfica da boçoroca de 1991 foi elaborada a partir da fotointerpretação de fotos aéreas datadas de 1991, na escala de 1:10.000, com o auxílio de estereoscópio de espelhos. O procedimento de fotointerpretação foi baseado na proposta apresentada por Bittencourt (1972). Nesta fotointerpretação foram delimitadas as feições da boçoroca e com o auxílio de barra de paralaxe foram extraídas as cotas topográficas. As cotas topográficas foram editadas no aplicativo Topograph onde foram geradas as curvas de nível e estes dados foram exportados para ambiente CAD (*Computer Aided Design*) e a carta topográfica da boçoroca do Córrego do Grito de 1991 foi editada no aplicativo Inkscape.

Esse procedimento de fotointerpretação foi adotado para a elaboração da carta das formas de relevo da microbacia do Córrego do Grito. Com o auxílio do estereoscópio de espelhos foram delimitadas as formas de relevo (topos de colinas, vertentes e fundos de vale). As formas de relevo foram delimitadas em folhas de papel vegetal a partir das fotos aéreas datadas de 1991 na escala de 1:10.000 fornecidas pela Prefeitura do Município de Rancharia. As folhas de papel vegetal foram digitalizadas e as formas de relevo foram vetorizadas no aplicativo Inkscape.

4.2.3 Elaboração de cartas hipsométrica e clinográfica

A base topográfica utilizada na elaboração das cartas hipsométrica e clinográfica da área do perímetro urbano da microbacia do Córrego do Grito foi obtida de arquivos digitais do Estudo de Macrodrenagem do Município de Rancharia, apresentado em 2008, pelo Centro da Fundação Paulista de Educação e Tecnologia.

A partir do modelo digital de elevação, no aplicativo Global Mapper⁶ foi gerada a carta hipsométrica da bacia de contribuição da boçoroca do Córrego do Grito e extraídos os perfis topográficos para representar o relevo local.

⁵ Aplicativo livre desenvolvido pela *Free Software Foundation*.

⁶ Aplicativo desenvolvido pela *Blue Marble Geographics*.

No aplicativo Surfer⁷ foi gerada a carta clinográfica (declividades) da bacia de contribuição da boçoroca do Córrego do Grito a partir da rotina Terrain Slope.

4.2.4 Elaboração de carta de cobertura da terra

Na elaboração das cartas de cobertura da terra na microbacia do Córrego do Grito foram utilizados os mapas de uso do solo de 1962 e 1984 elaborados por Oliveira (1994) na escala 1:50.000, e as imagens de sensoriamento remoto de 2010 obtidas pela aplicativo Google Earth. No banco de dados do Sistema de Informação Geográfica QGIS, os mapas e as imagens foram georreferenciados numa base, onde foi delimitada a microbacia do Córrego do Grito. Cada uma das classes de cobertura da terra foi vetorizada para serem obtidas as áreas destas classes.

4.2.5 Cálculos dos índices de erosividade da chuva

Para a realização dos cálculos de erosividade da chuva foram adotados como base os índices pluviométricos do posto do Departamento de Águas e Energia Elétrica (D7-065) ao apresentar dados entre 1942 e 2014. No aplicativo Excel os dados de precipitação mensal foram organizados em tabela para serem obtidos os valores das médias e desvio padrão mensais. Para identificar os anos chuvosos, anos-padrão e anos secos foram adotou-se as seguintes expressões:

$$\text{Anos chuvosos: valor} \geq \text{média anual} + 1,5 \cdot \text{desvio padrão} \quad (2)$$

$$\text{Anos-padrão: valor} \leq \text{média anual} + 0,5 \cdot \text{desvio padrão} \quad (3)$$

$$\text{Anos secos: valor} \leq \text{média anual} - 1,5 \cdot \text{desvio padrão} \quad (4)$$

No cálculo do índice de erosividade das chuvas (EI_{30}) foram adotadas as expressões citadas por Tommaselli; Freire; Carvalho (1999):

$$EI_{30} = \text{arc}^b \quad (5)$$

onde: a coeficiente de regressão correspondente a 111,68

⁷ Aplicativo desenvolvido pela *Golden Software*.

b coeficiente de regressão correspondente a 0,714

$$rc = p^2 / P \quad (6)$$

onde: p é a precipitação média mensal (mm)

P é a precipitação média anual (mm)

Os índices pluviométricos mensais e seus atributos de média, desvio padrão, coeficiente de chuva (rc) e erosividade mensal da chuva (EI_{30}) dos anos chuvosos são apresentados na tabela 14 em apêndice. Estes atributos referentes aos anos-padrão são apresentados na tabela 15 em apêndice. Estes atributos referentes aos anos secos são apresentados na tabela 16 em apêndice.

4.2.6 Cálculos dos índices de erodibilidade dos solos

Para se obter os valores de erodibilidade dos solos da área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito foram utilizados os dados de composição textural de cada perfil pedológico descrito, cujos dados aplicados na expressão de Bouyoucos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999), conforme a seguinte expressão:

$$K = [(\% \text{ areia} + \% \text{ silte}) / (\% \text{ argila})] / 100 \quad (7)$$

4.2.7 Cálculos dos índices de cobertura da terra

Na obtenção dos valores do fator cobertura da terra, a partir dos dados das áreas das classes de cobertura da terra na microbacia do Córrego do Grito, foram utilizados os parâmetros indicados por Oliveira; Pinto; Lombardi Neto (2007). Os parâmetros de cada classe de uso da terra e os respectivos valores calculados nos anos 1962, 1984 e 2010 são apresentados na tabela 22 em apêndice.

CAPÍTULO 01

A EROÇÃO DE SOLOS, OS MÉTODOS EXPERIMENTAIS E AS PRÁTICAS DE CONTROLE DE BOÇOROCAS

5.1 A concepção filosófica do empirismo diante dos fenômenos e problemas ambientais e das estratégias de recuperação ambiental

A concepção sobre a natureza modificou-se na pós-modernidade em decorrência do advento da questão ambiental e do desenvolvimento científico e tecnológico.

Até o século XVI, no mundo ocidental predominava uma visão sagrada da natureza e o conhecimento científico era influenciado por ideias metafísicas que não permitiam que os cientistas conhecessem a dinâmica dos fenômenos naturais ou “segredos da natureza”. Francis Bacon (1561-1626) estabeleceu uma proposta de valoração do método experimental através da verificação e do instrumentalismo para a compreensão dos fenômenos naturais, cujo rigor científico pela aquisição de dados empíricos favorece a melhor compreensão destes fenômenos e possibilita a capacidade de intervenção na realidade (BACON, 2007).

A proposta baconiana pode ser repensada em tempos atuais não para dominar a natureza, mas para mensurar as dimensões dos impactos causados no meio ambiente e como controlar os processos intensificados por estas alterações, sendo a erosão de solos o foco desta tese.

No período renascentista foi introduzido o pensamento baseado na razão técnica, consolidado pelo Iluminismo, no século XVIII. David Hume (1711-1776) considerava que para ocorrer o avanço de descobertas na ciência é necessário o ceticismo metodológico pelo emprego de métodos empíricos para buscar a compreensão dos fenômenos e evitar confiar apenas na causalidade e nas sucessões habituais (HUME, 2009).

Nas últimas décadas, o avanço da informática pela produção rápida de informações e do Geoprocessamento pode ter contribuído para uma diminuição dos trabalhos empíricos e uma acomodação no trabalho de gabinete, tornando os pesquisadores apegados aos dados secundários e um distanciamento dos procedimentos empíricos e da realidade prática.

Immanuel Kant (1724-1804) apresentou uma síntese entre o racionalismo dedutivo de René Descartes e o empirismo proposto pelos ingleses iluministas, ao considerar que o conhecimento é formado por resultados de experiências sensíveis e depende de um

ordenamento lógico, como a concepção de espaço e de tempo. Este filósofo do século XVIII ressalva que não é possível compreender a essência dos objetos, mas apenas os fenômenos a partir de uma síntese (FIGUEIREDO, 2010).

Ao considerar que apenas a partir dos fenômenos presentes nas experiências sensíveis é possível adquirir o conhecimento, os geógrafos se apoiam na análise da paisagem para compreender a dinâmica da natureza.

No entender de 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”. Esta proposta é interpretada por Ab’Sáber (2003, p. 09), que considera que: “[...] a paisagem é sempre uma herança [...] herança de processos fisiológicos e biológicos, e patrimônio coletivo dos povos que historicamente as herdaram [...] caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente”.

Logo, a paisagem possui as formas herdadas pelos processos pretéritos e através da interpretação destas formas é possível compreender a evolução espacial e temporal dos processos. Segundo Troll (1982, p. 325):

[...] 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.

A partir do século XIX e com maior intensidade no século XX, as modificações nos ambientes, pelas formas de uso e ocupação das terras, alteraram os fluxos de matéria e energia na natureza em diversas regiões, situação que induziu em modificações nos ritmos dos processos naturais, sendo a perda de solos em áreas agrícolas sem a aplicação de práticas conservacionistas, um destes exemplos.

Estas alterações levaram os pesquisadores à necessidade de repensar sobre a concepção de natureza e como esta se mantém subordinada e relacionada à sociedade. Neste sentido, Sánchez (2006, p. 22) afirma:

[...] a relação das sociedades contemporâneas com seu ambiente é mediada pelo emprego de técnicas cada vez mais sofisticadas, a ponto de muitas vezes diluir a própria noção de ambiente como um elemento distante [...] a distinção entre 'sujeito' e 'objeto' perde muito de seu sentido, haja vista a crescente artificialização do natural.

Santos (2002), ao considerar as periodizações do emprego das técnicas utilizadas na transformação do meio pela sociedade, salienta que no atual meio técnico-científico e informacional a natureza torna-se artificializada, pois o emprego das recentes descobertas para desenvolvimento das atividades socioeconômicas leva à subordinação e à recriação da natureza. Neste contexto, Suertegaray (2005, p. 02) considera:

A natureza subordinada pelo desenvolvimento técnico-científico engendrou, através de novas tecnologias, novos tempos e promoveu uma transformação, não só das formas, como dos processos naturais. Esta transformação implica uma necessidade de repensar a concepção de natureza.

Em relação aos estudos ambientais na Geografia, é crescente o número de pesquisas sobre os impactos ambientais e a necessidade de pesquisas de cunho geográfico no planejamento ambiental.

Dentre os primeiros exemplos de pesquisas científicas em Geografia voltadas para o estudo de problemas ambientais urbanos e busca por estratégias de planejamento estão os estudos um grupo de geógrafos norte-americanos na década de 1930, liderados por Gilbert White (1911-2006). Ao apresentar uma análise sobre as obras públicas destinadas ao controle de inundações, Gilbert White considerou que para enfrentar os problemas gerados pelas inundações seria necessária uma política de controle da expansão urbana e a aplicação de zoneamentos das áreas de preservação permanente dos cursos d'água, visto que o problema das inundações não era proveniente da dinâmica fluvial, mas da impermeabilização dos solos urbanos (CASTRO, 2000).

Os impactos ambientais induzidos pelas formas de uso e ocupação dos solos urbanos e rurais provocaram a necessidade por estudos integrados e muitos geógrafos, principalmente a partir da década de 1980, buscaram propostas a fim de relacionar os problemas ambientais às questões sociais. No entender de Castro (2000, p. 09):

En síntesis, se puede concluir que el estudio de los peligros y sus riesgos ha seguido una evolución normal o clásica, desde la consideración de un solo peligro en un espacio hasta el enfoque de todos los peligros de un área. Esta perspectiva es, en definitiva, la que permite conocer la verdadera relación hombre-medio.

Outra tendência marcante nos estudos ambientais em Geografia é o emprego da escala do municipal e do local, diante do crescimento dos problemas pontuais relacionados à gestão ambiental. Para Suertegaray (2009) ocorre, no atual momento, uma centralização dos

trabalhos acadêmicos em Geografia Física na elaboração de diagnósticos com vistas às demandas da gestão ambiental, tendo como temas cada vez mais comuns: as análises de riscos, os zoneamentos ambientais, as análises de potencialidade e de suscetibilidade a estes riscos ambientais.

Para esta análise, Colângelo (1997, p. 47) afirma:

[...] vem sendo solicitada à Geografia Física reformulação metodológica bastante significativa. Tal demanda se deve principalmente à crescente busca por resultados de pesquisa que ofereçam respostas suficientemente objetivas de modo a permitir avaliação, valoração e elaboração de estratégias de intervenção [...] elaborar *prognósticos evolutivos* implica não apenas a apresentação de projeções numéricas, mas também e necessariamente a realização de mapeamentos [...] Delimitar e graduar áreas de risco de ocorrência de processos erosivos, por exemplo, a partir da perspectiva apontada em diagnóstico e considerados também os fatores intervenientes de origem antrópica, é um problema difícil, cuja solução implica a articulação de uma ampla gama de conhecimentos (grifo do autor).

No contexto contemporâneo de riscos e vulnerabilidades, os estudos da Geografia Física precisam, além de garantir a compreensão da dinâmica dos processos naturais, apontar através de análises espaciais as estratégias para a sociedade agir diante cenários recentes e quais as áreas prioritárias para as ações de controle e recuperação ambiental.

Neste sentido, é importante a existência de pesquisas geográficas com o emprego de técnicas experimentais para a análise mais detalhada dos processos ambientais. No entender de Suertegaray (2005, p. 95): “[...] estes estudos são objetivados, na linguagem ambiental, 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”.

Os processos de perda de solos representam condições de vulnerabilidade ambiental e riscos às populações. Diante deste cenário de degradação dos solos, os geógrafos ao utilizarem os conhecimentos sobre a dinâmica da paisagem e sobre as transformações ambientais decorrentes das práticas socioeconômicas, podem apresentar prognósticos a fim de evitar riscos às populações e medidas mitigadoras para os processos de perda de solos.

5.2 O solo e suas interações com o ambiente

A formação do solo é derivada da interação de fatores geográficos e biológicos sob as condições de equilíbrio ambiental. Em decorrência das alterações ambientais

provocadas pela ação antrópica, como a retirada da cobertura vegetal e a exposição do solo diretamente aos impactos das chuvas, torna a perda do solo, superior à sua capacidade de formação e de recuperação. Neste sentido, busca-se compreender os fatores de formação e desenvolvimento dos solos e como as condições de degradação afetam esta dinâmica natural.

Lepsch (2002, p. 09-10) conceitua o solo como: “a coleção de corpos naturais dinâmicos, que contém matéria viva, e é resultante da ação do clima e da biosfera sobre a rocha, cuja transformação em solo se realiza durante certo tempo e é influenciada pelo tipo de relevo”. Esta conceituação considera a interdependência dos fatores naturais na formação dos solos e a importância da biosfera e das condições do clima para o desenvolvimento dos solos.

Na década de 1930, o botânico Arthur Tansley (1871-1955) introduziu nas ciências naturais o conceito de ecossistema, influenciando nos estudos pedológicos que passaram a considerar a importância da vegetação e dos organismos na formação e na morfologia dos solos. No entender de Troll (1982, p. 328):

La disposición de estos elementos, que se manifiesta en el perfil del suelo, depende, pues, muy estrechamente de la vegetación. La investigación de la vegetación y las biocenosis con la capa edáfica conecta muy profundamente la investigación geográfica del paisaje con la edafología y los estudios sobre vegetación [...]. Si en un ecosistema se altera o se destruye la vegetación como consecuencia de un hecho natural o artificial, de una forma espontánea cambia toda la estructura geográfica y toda la interacción de los elementos de paisaje: el microclima, el clima del suelo, la composición de este, las condiciones erosivas, etc.

Troll (1982) ao desenvolver o conceito de ecologia da paisagem, considerava a importância da cobertura vegetal para o desenvolvimento das biocenoses e consequente equilíbrio biológico necessário para o desenvolvimento da pedogênese.

Na década de 1960, geógrafos como Georges Bertrand consideravam que as intervenções humanas na cobertura vegetal poderiam alterar os demais processos dos sistemas naturais, inclusive o solo e os processos erosivos, conforme salienta: [...] a destrucción de un bosque puede provocar un ascenso del manto freático o desencadenar procesos erosivos susceptibles de transformar radicalmente las condiciones ecológicas” (BERTRAND, 1982, p. 464).

Além da importância da cobertura vegetal como matéria viva para o desenvolvimento da fauna endopodônica e micro-organismos responsáveis pela ciclagem de nutrientes no solo, esta possui papel fundamental na adição de nutrientes ao solo, na reestruturação das partículas sólidas do solo, na redução do impacto direto das gotas de águas pluviais e do escoamento superficial e concentrado (WHITE, 2009).

Em relação à importância da fauna endopodônica na criação e estabilização da estrutura do solo, White (2009, p. 95) considera:

[...] animais cavadores reorganizam o material do solo, especialmente as minhocas que roem e misturam matéria orgânica com partículas de argila e silte nas suas gargantas, adicionam no processo Ca formando bolotas que, ao secarem, costumam ter uma resistência considerável. As fezes de outros invertebrados como ácaros também formam grupos de partículas estáveis que podem existir com microagregados ou agir como núcleos para a formação de agregados.

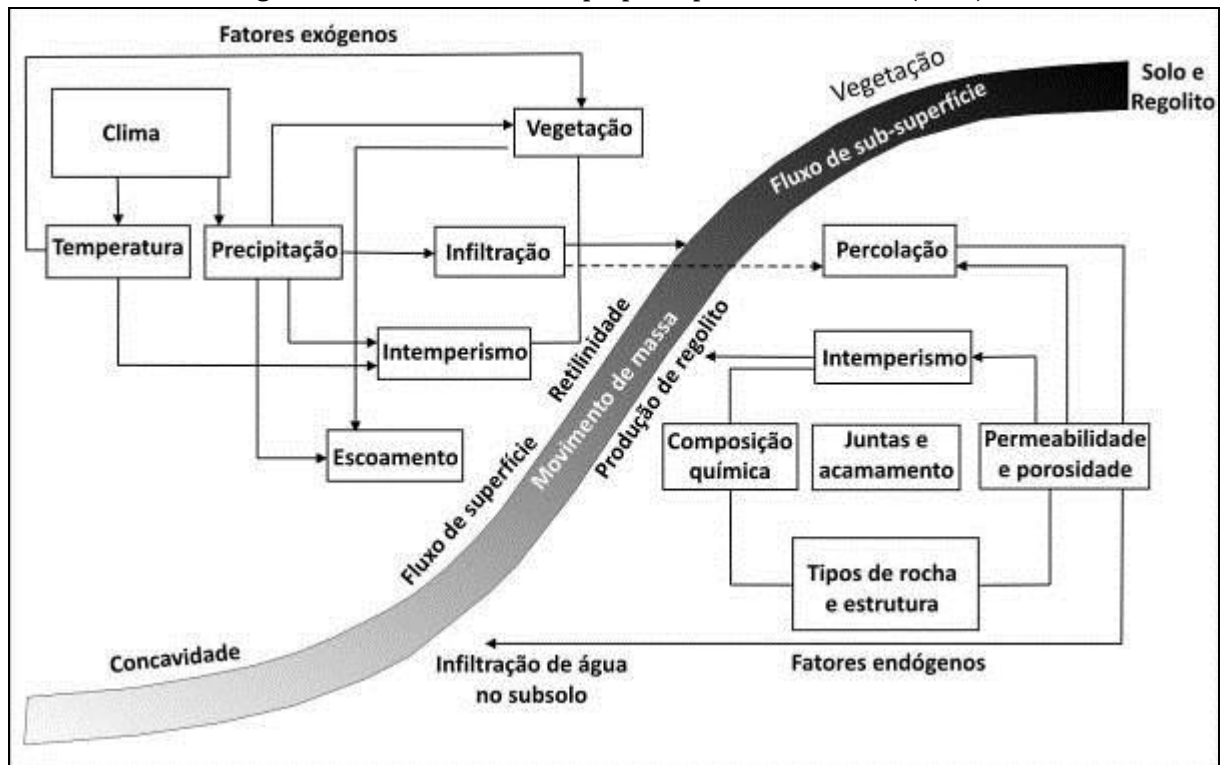
Neste sentido, a prática das queimadas e a redução da biomassa com as práticas de desmatamento e atividades agropecuárias, ao provocarem desequilíbrios ecológicos, alteram as características morfológicas das camadas superficiais dos solos, podendo induzir em perdas por erosão hídrica.

A partir da década de 1950, a relação entre morfogênese e pedogênese na Geomorfologia passou a considerar a relevância da cobertura vegetal na pedogênese, com a teoria bio-resistásica de Erhart (1956 apud CASSETI, 1991).

Influenciado pela proposta de análise da paisagem apresentada por Georges Bertrand, Tricart (1982) considerou a importância do conceito de ecossistema nos estudos geomorfológicos, conforme apresenta: “[...] en fin, hemos abordado directamente el estudio del medio natural de forma integrada para completar el concepto de ecosistema. Nuestro punto de partida ha sido el estudio de las relaciones morfogénesis-edafoogénesis en el medio natural” (TRICART, 1982, p. 476).

Ao considerar a importância do relevo como fator da pedogênese, os estudos geomorfológicos contribuíram na análise das relações processuais nas vertentes. Clark e Small (1982 apud CASSETI, 2013), apoiados na proposta teórica de antagonismo entre os fatores endógenos e os fatores exógenos consideraram a influência dos processos que ocorrem na vertente para a formação do regolito como os fluxos hidrológicos (infiltração, percolação e escoamento), conforme é apresentado pela figura 13.

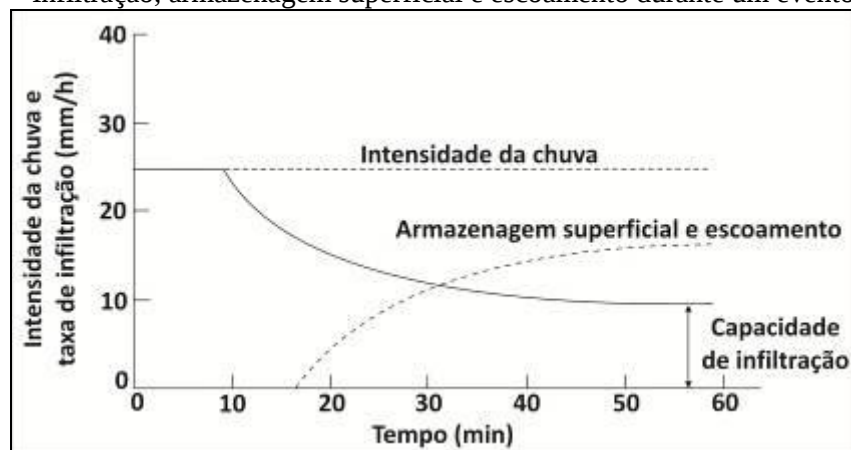
Figura 13 – Sistema Vertente proposto por Clark e Small (1982).



Fonte: Casseti (2013).

Em relação às regiões tropicais, o fator clima é marcado predominantemente pela ação das precipitações concentradas no verão que refletem em excedentes hídricos com chuvas de grandes durações, cujo volume pluviométrico neste período pode ser superior à capacidade de infiltração do solo. A figura 14 mostra que com o aumento da duração da chuva ocorre uma tendência de diminuição da capacidade de infiltração no solo e um aumento do escoamento superficial.

Figura 14 – Infiltração, armazenagem superficial e escoamento durante um evento de chuva.



Fonte: White (2009, p. 145).

Segundo Horton (1945), o escoamento superficial (*runoff*) resulta se a intensidade da chuva for maior do que a capacidade de infiltração do solo, sendo que a distribuição espacial do fluxo das águas pluviais ocorre de forma diferenciada ao longo da encosta. Para Guerra (1996, p. 170), a distribuição ocorre na encosta da seguinte maneira: “o topo da encosta é uma zona sem fluxo, que forma uma área sem erosão; uma distância crítica do topo ocorre um acúmulo suficiente de água, onde o fluxo começa; um pouco mais abaixo, na encosta, a profundidade do fluxo aumenta, e ele se torna canalizado, formando ravinas”.

Este modelo teórico proposto por Horton (1945) não pode ser aplicado de forma generalista e merece uma análise das condições de declividade e morfologia do relevo local. Guerra (1996) considera que outros fatores influenciam na formação do escoamento superficial difuso e concentrado nas vertentes além da intensidade da chuva e das declividades das vertentes, como: o teor limitante de umidade dos solos, a capacidade de armazenamento capilar dos solos e as formas de manejo do solo que induzem a formação de rugosidades nas camadas superficiais.

Para Bunting (1971, p. 77), as taxas de infiltração “[...] decrescem progressivamente com o ulterior umedecimento do solo, porquanto os agregados do solo se desintegram e os seus poros ficam bloqueados por material de granulação fina, tornando-se ‘empoçada’ a superfície do solo”.

Nesta dinâmica do balanço hidrológico na superfície do solo, a existência de cobertura vegetal, principalmente de vegetais arbóreos, é fundamental para evitar o impacto direto das gotas de água da chuva no solo. Em áreas florestadas, o dossel das árvores contribui para a interceptação e armazenamento de parte das gotas de chuva e diminuem a intensidade do impacto da chuva no solo. Após percorrerem as superfícies dos vegetais, as gotas de água da chuva realizam o escoamento superficial difuso, sendo este “o escoamento das águas através de minúsculos filetes anastomosados em terrenos com cobertura vegetal” (ROSSATO et al., 2008, p. 72).

Na ausência de cobertura vegetal, o solo, ao permanecer diretamente exposto ao impacto das águas pluviais, surge sob uma determinada declividade do terreno e quando o solo atinge a capacidade de infiltração saturada, o escoamento superficial laminar, cujas águas superficiais escoam se forma dispersa formando uma lâmina sobre o solo, não estabelecendo concentrações em canais (ROSSATO et al., 2008).

Caso no terreno existam rugosidades formadas pelo uso e manejo do solo, as águas superficiais formam canais por escoamento superficial concentrado que podem intensificar as incisões no solo, formando sulcos erosivos e ravinas (ROSSATO et al., 2008).

Parte de toda a chuva que atinge o solo pode infiltrar, sendo este o movimento para dentro do solo, também denominado de escoamento subsuperficial. Segundo White (2009, p. 134):

Quando o solo está muito úmido até o lençol freático, a água flui ou percola verticalmente ao lençol freático. Fluxo lateral de subsuperfície ou interfluxo pode ocorrer em solo em declives, ou quando o fluxo vertical no subsolo está interrompido, como ocorre em solos com horizontes B impermeáveis [...] água pode fluir também lateralmente na água freática e fornece a maior parte do fluxo básico de um Córrego, que é um fluxo relativamente pequeno mantido em períodos secos.

A infiltração das águas pluviais ocorre inicialmente na zona de aeração do perfil do solo, localizada acima da superfície freática onde nem todos os poros estão preenchidos com água. A capacidade de campo é uma propriedade que estabelece “[...] o volume de água absorvido pelo solo, antes de atingir a saturação, e que não sofre movimento para níveis inferiores” (KARMANN, 2000, p. 118).

Em relação ao fluxo de água subterrânea na zona freática, o escoamento subterrâneo é regido por uma força motriz determinada pelo gradiente do potencial hidráulico. Este potencial hidráulico tende a ser decrescente das linhas de cristas do corpo freático para os fundos de vale, direcionando o fluxo de água subterrânea para os leitos dos cursos d’água (KARMANN, 2000).

Com a retirada da cobertura vegetal, nos períodos de precipitações concentradas ocorre o aumento da infiltração efetiva, consequente elevação da superfície freática, diminuindo a zona de aeração do solo. No entender de Oliveira (1994, p. 23):

[...] a elevação do lençol freático favorece de forma notável, o desenvolvimento da erosão superficial, tanto quanto da subterrânea. Ao possibilitar níveis altos de saturação dos solos, a elevação do lençol freático restringe os horizontes não-saturados, alimentados transitoriamente pelas infiltrações, por ocasião das chuvas e, portanto, reguladores do escoamento superficial [...] A elevação do lençol freático pode também provocar alterações importantes nas estruturas dos solos, segundo fenômenos como o da colapsividade, verificadas, por exemplo, em solos porosos do Planalto Ocidental paulista [...] Finalmente, a elevação do lençol freático, mantidas as posições das surgências d’água, nas zonas de descarga, traduz-se pelo incremento dos gradientes e pelo aumento das vazões dos aquíferos que respondem pela intensificação das forças de percolação, predispondo ao *piping*, na origem, portanto, dos processos de ‘emboçorocamento’ das vertentes.

Nesta dinâmica do comportamento piezométrico do freático, pode ocorrer a erosão tubular interna (*piping*), além de poder estar relacionada à existência de raízes decompostas e túneis biogênicos gerados pela fauna endopedônica, ou à ocorrência de horizontes pedológicos subsuperficiais pouco permeáveis (AUGUSTIN; ARANHA, 2006).

Além da intensidade e duração das chuvas e da existência de cobertura vegetal sobre o solo, as propriedades de coesão (consistência), densidade aparente, estabilidade dos agregados e porosidade dos solos influenciam no transporte das águas pluviais.

A coesão é uma propriedade fundamental para a compreensão da suscetibilidade do solo à erosão. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 61):

[...] o solo arenoso, com espaços porosos grandes, durante uma chuva de pouca intensidade, pode absorver toda a água, não havendo, portanto, nenhum dano; entretanto, como possui baixa proporção de partículas argilosas que atuam como uma ligação entre as partículas grandes, pequena quantidade de enxurrada que escorre na sua superfície pode arrastar grande quantidade de solo. Já no solo argiloso, com espaços porosos bem menores, a penetração de água é reduzida, escorrendo mais na superfície, entretanto, a força de coesão das partículas é maior, o que faz aumentar a resistência à erosão.

A densidade dos solos é influenciada pelo teor de matéria orgânica e está relacionada ao manejo do horizonte superficial. A redução da matéria orgânica e o uso de máquinas agrícolas afetam a densidade dos solos. Segundo Guerra (1996, p. 159) “[...] à medida que o teor de matéria orgânica diminui, aumenta a ruptura dos agregados, crostas se formam na superfície do solo, aumentando a sua compactação”.

Conforme foi mencionado, a redução de matéria orgânica favorece a ruptura de agregados do solo, tornando-o mais suscetível ao impacto das gotas de chuva e à perda acelerada. Para Guerra (1996, p. 159):

[...] a alta estabilidade de agregados no solo reduz sua erodibilidade, pois possibilita a existência de elevado índice de porosidade, aumentando as taxas de infiltração e reduzindo o runoff. A alta estabilidade dos agregados também proporciona maior resistência ao impacto das gotas de chuva, diminuindo, assim, a erosão por splash.

Em relação à porosidade dos solos, para Freire (2006, p. 30) é conceituada como: “[...] a porção do seu volume ocupada pelo ar e pela água”. Segundo este autor, “solos arenosos apresentam valores que oscilam entre 35 a 50%, enquanto que, solos de textura mais fina apresentam valores que variam de 40 a 60% [...] É, no entanto, o arranjo das partículas

sólidas que modifica a porosidade, ou melhor, a estrutura é a responsável pela porosidade” (FREIRE, 2006, p. 32-33).

Logo, os solos argilosos apresentam maiores valores de porosidade total por serem, geralmente, mais estruturados se comparados aos arenosos. Em contrapartida, os solos argilosos apresentam permeabilidade baixa devido ao tamanho reduzido dos poros. Em relação aos solos arenosos, a permeabilidade, geralmente alta, é influenciada pela morfologia e disposição dos sedimentos (KARMANN, 2000). Para Bunting (1971, p. 77): “[...] as taxas mínimas de infiltração variam de praticamente zero, em argilas molhadas e intumescidas, a 02 mm/h nas margas argilosas e 15 mm/h nas areias secas e profundas”.

As formas de manejo e uso do solo alteram as propriedades morfológicas dos horizontes superficiais dos solos, modificam o ritmo dos processos podendo intensificar a perda de solos. Um dos exemplos destas alterações na região do Oeste Paulista é a compactação do solo resultante do pisoteio do gado em pastagens com ausência de práticas conservacionistas. De acordo com estudo apresentado por Miguel et al. (2009), as taxas de infiltração da água no solo decresceram aproximadamente 73% e 65% a 10 cm e 20 cm de profundidade, respectivamente, numa área experimental após a passagem de rebanho.

Em relação ao fator tempo cronológico na pedogênese, White (2009, p. 128) “[...] a taxa de desenvolvimento do solo é extremamente variável, estendendo-se de muito rápida (vários cm em 100 anos) sobre cinzas vulcânicas e nos trópicos, a muito lenta (01 cm por 5.000 anos) em granito intemperizado”. Bunting (1971, p. 104) considera que em áreas tropicais: “[...] para se decompor 1 m de granito cálcico para formar-se um latossolo. Com 1.500 mm de precipitações anuais, o período será de 53 a 102 mil anos”.

Logo, enquanto em regiões tropicais para formar um regolito com cerca de 1 m de espessura são necessárias dezenas de milhares de anos, a perda desta mesma espessura devida ausência de práticas conservacionistas pode ocorrer em alguns anos ou até meses.

Neste contexto de alterações ambientais provocadas pelo histórico de ocupação e formas de manejo e uso dos solos, as dinâmicas hidrológicas nas vertentes e as propriedades dos solos são modificadas e induzem os ritmos acelerados de perda de solos.

5.3 A erosão de solos: tipos e dinâmicas

O uso etimológico da palavra erosão é derivado da expressão do latim *erodere*, que significa desgaste, corrosão ou perda. Nesta tese, a palavra erosão é apresentada como sinônimo para o processo de perda de solos.

Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 09) conceituam erosão como: “[...] o processo de desprendimento, arraste e deposição de partículas do solo causado pela água e pelo vento”.

Na área de conhecimento das Geociências existe uma diferenciação entre erosão geológica ou normal e erosão antrópica.

Guerra (1978, p. 156) afirma que a erosão geológica: “[...] é realizada normalmente pelos diversos agentes erosivos sem que haja a intervenção humana acelerando o trabalho de destruição e construção feitas por estes agentes”. A ação da erosão geológica deixa formas presentes no relevo denominadas erosão diferencial ou ruiforme.

Bacellar (2000, p. 07) afirma sobre o uso dos conceitos de erosão natural e erosão antrópica, “a erosão é um fenômeno natural, operante na superfície da Terra desde sua formação (erosão natural ou geológica), sujeito a interferências por atividades antrópicas, que podem levar a intensificação das taxas de incidência (erosão antrópica)”.

O conceito de erosão acelerada é utilizado para se referir à perda de solo provocada pelas modificações humanas no ambiente, cujo processo de perda de solo passa a ocorrer num ritmo mais acelerado se comparado aos processos naturais.

Através de pesquisas sobre os depósitos sedimentares recentes e datações de sedimentos, Wilkinson e McErloy (2007) constataram que as taxas atuais de erosão geológica (aproximadamente 21 GT/ano) foram superadas pelas taxas de perda de solos decorrentes das atividades humanas (aproximadamente 75 GT/ano). Montgomery (2007), através de estimativa de produção de sedimentos em diferentes usos da terra, constatou que 65% da produção de sedimentos são atualmente provocadas pelas atividades agropecuárias. Isto representa um indicativo de que a ação humana altera o ritmo dos processos geomorfológicos, principalmente nas áreas urbanas e em suas proximidades.

A preocupação com a perda acelerada de solos, em tempos contemporâneos, possui como precursor o norte-americano Hugh Hammond Bennett (1861-1960) ao publicar em 1928 a obra intitulada “Soil Erosion: A National Menace”⁸. Bennett foi considerado o “pai da conservação do solo” por atuar na criação do Soil Conservation Service do Departamento

⁸ Erosão do Solo: Uma Ameaça Nacional.

de Agricultura dos Estados Unidos da América, em 1935. O governo norte-americano passou a apoiar os programas para a conservação do solo em decorrência do evento denominado *Dust Bowl*⁹, ocorrido entre os anos de 1936 e 1937 em parte dos Estados Unidos da América, cujos fenômenos da erosão eólica, associados aos tornados, transportavam grande quantidade de sedimentos formando as tempestades de areia que atingiram importantes regiões agrícolas norte-americanas (BENNETT, 1953).

Nos ambientes tropicais continentais, inclusive no Planalto Ocidental Paulista, o principal elemento erosivo é a água. Lepsch (2002, p. 153), conceitua erosão hídrica: “[...] é a remoção e transporte dos horizontes superiores do solo pela água. Inicia-se com o salpico de gotas de chuva diretamente sobre a superfície desprotegida e continua com a formação de enxurradas que formam sulcos de diversas proporções”.

A erosão hídrica que ocasiona na perda de solos pode ser classificada em erosão laminar ou em lençol e erosão linear.

Para Oliveira (1994, p. 10), “a erosão laminar não provoca, por definição, incisões significativas nos terrenos, na escala de uma vertente, seus efeitos mais pronunciados são notados de forma indireta [...] cuja ação pode ser denunciada pela coloração mais clara do solo, exposição de raízes e queda na produtividade agrícola”.

Apesar dos efeitos da erosão laminar não serem nitidamente perceptíveis, pois o arrasto das partículas do solo pelo escoamento superficial dificilmente forma rugosidades notável no terreno, estes efeitos são apenas notados pelos produtores rurais após anos com as mudanças na coloração da superfície do solo, decréscimo da produtividade agrícola e na necessidade de alterações nas formas de manejo pela gradativa remoção dos horizontes superficiais do solo (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999).

Tricart (1966) considera que a ação da erosão hídrica pelo escoamento superficial ocorre na forma descontínua na escala de tempo da observação humana, pois para formar uma incisão linear são necessários vários eventos chuvosos em intervalos de meses ou até anos, assim conforme este autor:

O escoamento difuso nas vertentes reveste-se da forma do escoamento descontínuo. Quando dos aguaceiros [...] começa a escorrer uma película d’água que se concentra em um filete d’água [...] Se não houver obstáculos ele poderá continuar o seu caminho, aumentando pouco a pouco, e entalhar uma ravina [...] o filete divide-se em presença de obstáculos intransponíveis, espalhando-se. Abandona os materiais que carregava e se infiltra parcialmente nas áreas mais permeáveis [...] esses materiais só serão

⁹ Tempestade de areia.

retomados quando de um novo aguaceiro que se produzirá semanas, meses ou até anos após, e a microtopografia dos lugares estará alterada e a disposição dos obstáculos não provocará mais a divisão dos filetes d'água nos mesmos locais (TRICART, 1966, p. 09).

A erosão do tipo linear ocorre a partir da formação de incisões no solo, decorrentes da ação do escoamento superficial concentrado em linhas preferenciais. Inicialmente, a erosão do tipo linear ocorre pela formação de canais incisivos denominados sulcos que possuem entre 10 a 30 cm de largura e entre 05 a 15 cm de profundidade, sendo passíveis de correção pelo nivelamento do terreno por máquinas agrícolas (OLIVEIRA, 1994). Os sulcos erosivos paralelos formam uma rede de drenagem no qual os sulcos mais profundos rompem os interfluxos dos sulcos menores favorecendo a formação de canais mais largos e profundos (DÍAZ, 2001).

Oliveira (1994) diferencia os canais rasos em sulcos e calhas. Este autor salienta:

A erosão em sulco responde ao escoamento superficial concentrado que comanda o desprendimento das partículas do solo, e o transporte das partículas desprendidas, segundo as condições hidráulicas desse escoamento. O mesmo modelo de escoamento intervém na calha que, embora de maior porte, ainda possui, lateralmente e a montante, bordas que se ajustem, sem ruptura, à superfície do terreno, ou seja, suficientemente suaves para apresentarem apenas mecanismos de erosão partícula a partícula (OLIVEIRA, 1994, p. 15).

A formação do escoamento concentrado em fluxo turbulento nas vertentes, decorrentes de períodos chuvosos, ocasiona a geração de feições erosivas lineares denominadas de ravinas. As ravinas geralmente possuem profundidade superior a 0,5 m, formato em “V” de fundo estreito e cabeceiras definidas por rupturas de declive, apenas se desenvolvem pela ação do escoamento superficial, descartando a atuação da erosão interna e do escoamento subsuperficial (PRANDINI, 1975; OLIVEIRA, 1994; SALOMÃO, 1994).

Oliveira (1994, p. 15) considera em relação às ravinas:

[...] devem ainda ser considerados mecanismos de erosão que envolvem movimentos de massa, representados pelos pequenos deslizamentos que provocam o alargamento da feição erosiva e também seu avanço remontante. Por isso, suas bordas, ao contrário das calhas, são abruptas em relação à superfície original do terreno, configurando-se uma nítida ruptura instável.

Em certos casos, as ravinas se desenvolvem em divisores de águas ou em trechos de altas e médias vertentes, cujo aprofundamento da incisão linear não atinge o nível do

freático, e assim o ravinamento não evolui para o boçorocamento, como ocorreu com a “ravina da Lucant” em Rancharia (OLIVEIRA, 1994).

Neste contexto de evolução dos processos erosivos lineares, Vieira (1978, p. 08) considera:

Enquanto o ravinamento se processa em função apenas da erosão superficial, com a linha de água apresentando grandes declives, canal profundo, estreito e longo, as boçorocas formam-se tanto devido à erosão superficial como à erosão subterrânea, com tendência tanto para alargar-se como para aprofundar-se, até atingir o seu equilíbrio dinâmico.

Vieira (1978, p. 07) conceitua boçoroca: “[...] são depressões profundas circundadas por vertentes quase verticais que se alargam nas proximidades das cabeceiras devido à intensa atividade erosiva regressiva e se afunilam junto à foz do curso d’água que a percorre, cortando sedimentos arenosos de fraca coesão, sem apresentar forte declive longitudinal”. A conceituação sobre o processo de erosão remontante (ou regressiva) no desenvolvimento das boçorocas foi descrita por Rossato et al. (2008, p. 77): “[...] trabalho de escavação do canal realizado a partir de processos de escoamento superficial concentrado feito a partir da foz em direção às cabeceiras”.

A origem etimológica da palavra boçoroca é proveniente das expressões *yby* (terra) e *çoroc* (rasgão), ambas da língua tupi-guarani (VIEIRA, 1978). A feição geomorfológica denominada boçoroca¹⁰, recebe inúmeras denominações em vários países, como: *cárcava* nos países hispânicos, *barroca* em países lusófonos, *donga* na África do Sul; *gully* nos Estados Unidos da América e *lavaka* em Madagascar (VIEIRA, 1978; DÍAZ, 2001).

A maioria das boçorocas foi originada devido às condições de uso e ocupação dos solos pelas ações humanas, mas Bacellar (2000, p. 17) ressalva:

Apesar do consenso de que as intervenções antrópicas podem gerá-las, são comuns as descrições de fases antigas de boçorocamento, anteriores à ocupação humana [...] No Brasil, também há relatos de boçorocas de idade quaternária, preenchidas por sedimentos de natureza aluvial ou coluvial [...] As modificações antrópicas são suficientes para gerar boçorocas, mas a atuação do homem não é definitivamente um pré-requisito para seu desenvolvimento. Portanto, as boçorocas seriam um reflexo de mudanças ambientais e o homem apenas um dos agentes destas mudanças.

¹⁰A partir de meados da década de 1990, a maioria das publicações brasileiras passou a utilizar a expressão “voçoroca” ao invés de boçoroca, não existindo um consenso sobre o porquê dessa mudança, sendo ambas as expressões aceitas em Geociências.

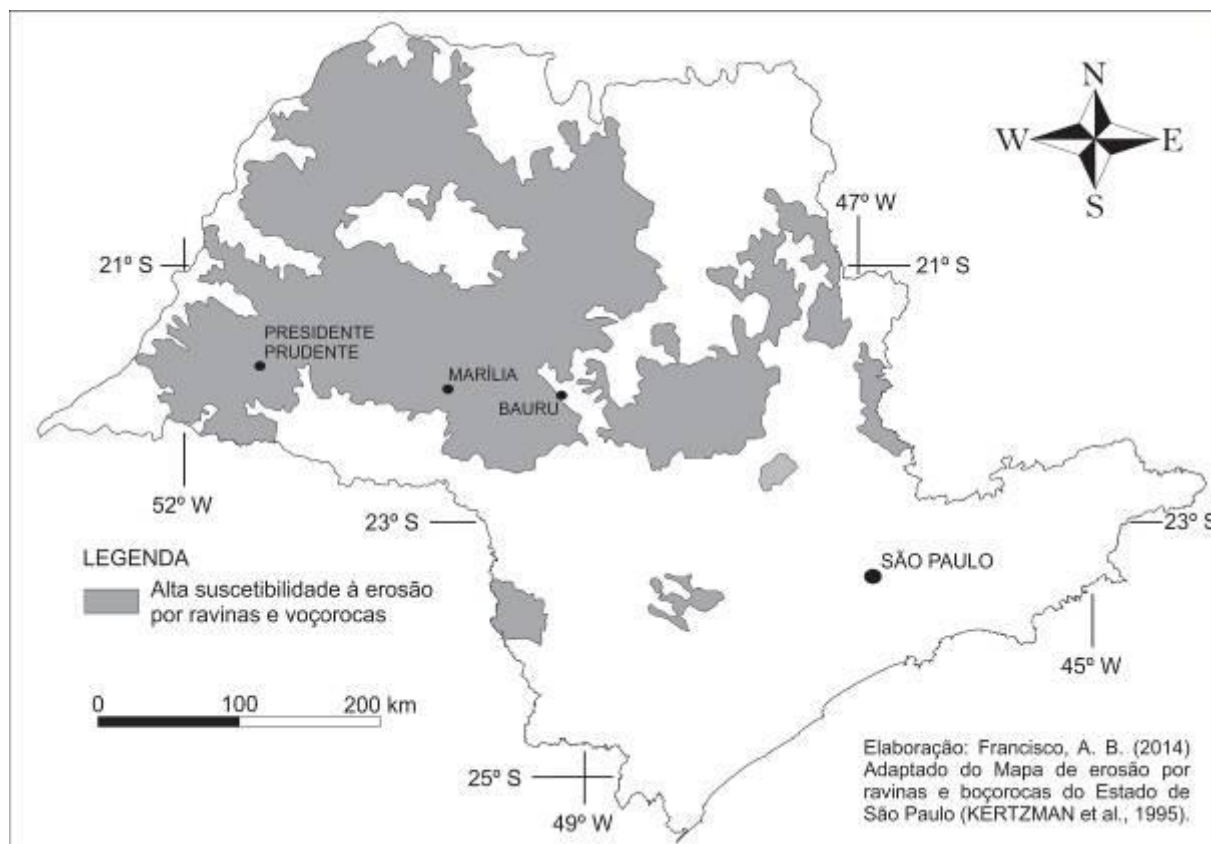
No entender de Poesen (2011), o surgimento das boçorocas representa as consequências nas mudanças do uso da terra, com a substituição das coberturas florestadas pelas lavouras e pastagens, e a estabilização das boçorocas pode estar associada aos reflorestamentos de áreas degradadas.

Sobre a cronologia de surgimento e da evolução das boçorocas no território brasileiro, o britânico Richard Francis Burton (1821-1890) ao realizar uma expedição e relatos escritos sobre o rio São Francisco mencionou na obra “Viagens aos Planaltos do Brasil” (1868 apud BACELLAR, 2000) sobre a existência de grandes cicatrizes no solo ao longo dos planaltos da Bahia e de Minas Gerais. Estas boçorocas já descritas no século XIX por Burton eram decorrentes de atividades da mineração e da existência de valas de divisa (BACELLAR, 2000).

Bacellar (2000) retrata o exemplo das boçorocas localizadas na região de Ouro Preto (MG), associadas ao estabelecimento da mineração e da pecuária na região, no século XVII, com a implantação de valas de divisa de propriedades rurais que ao longo de séculos formaram canais de escoamento concentrado e favoreceram a formação de boçorocas que ultrapassam 30 metros de profundidade atualmente. Outro aspecto é o substrato geológico regional, formado por rochas metamórficas com estrutura foliada como os gnaisses, micaxistos e migmatitos, sendo que o intemperismo forma solos com espessos saprolitos muito suscetíveis à erosão, além de ser uma região com presença de cisalhamentos e rochas fraturadas.

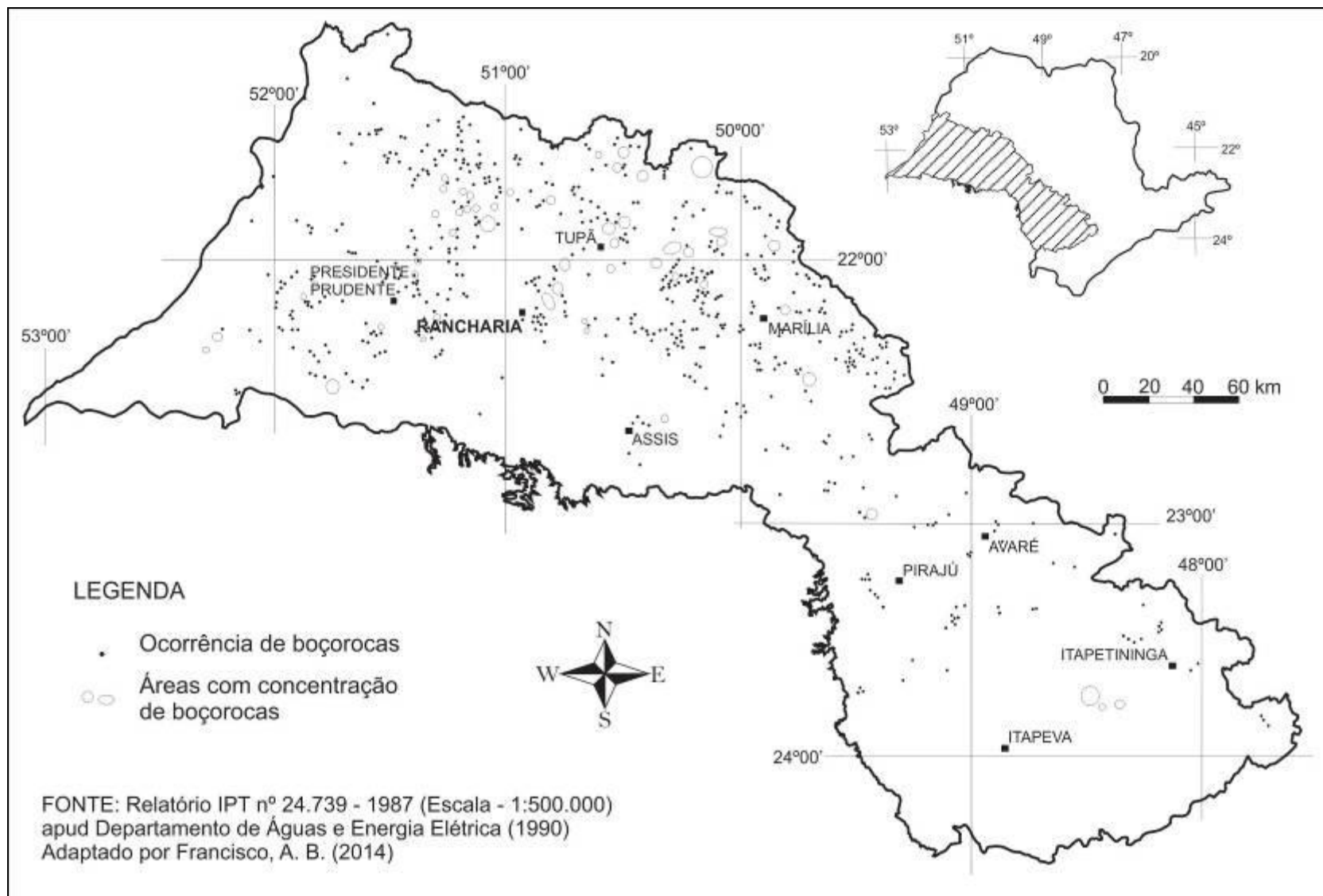
No caso do oeste do Estado de São Paulo, de acordo com Iwasa e Prandini (1980), as boçorocas em geral presentes no Planalto Ocidental Paulista são datadas da década de 1940, período de auge dos desmatamentos e das culturas agrícolas pioneiras. A falta de um planejamento adequado que considerasse as condições pedológicas e geomorfológicas ocasionou a formação de boçorocas urbanas em inúmeras cidades das regiões de Bauru, Marília e Presidente Prudente. Sobre a distribuição das regiões mais suscetíveis ao desenvolvimento de ravinas e boçorocas no Estado de São Paulo, a figura 15 destaca concentração das áreas de alta suscetibilidade nas regiões de Bauru, Marília e Presidente Prudente.

Figura 15 – Mapa de alta suscetibilidade à erosão por ravinas e boçorocas do Estado de São Paulo.



De acordo com o levantamento realizado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE, 1990), existiam cerca de 3 mil boçorocas ativas no Estado de São Paulo. Em 1997 foi apresentada uma atualização deste levantamento e constatou que existiam cerca de 750 boçorocas urbanas ativas no Estado de São Paulo (IPT, 1997). No levantamento realizado na década de 1980 foi constatada uma concentração de boçorocas distribuídas nas bacias dos rios do Peixe e do Paranapanema. A figura 16 mostra esta concentração de boçorocas.

Figura 16 – Mapa de ocorrência de boçorocas nas bacias do Rio do Peixe e do Rio Paranapanema.



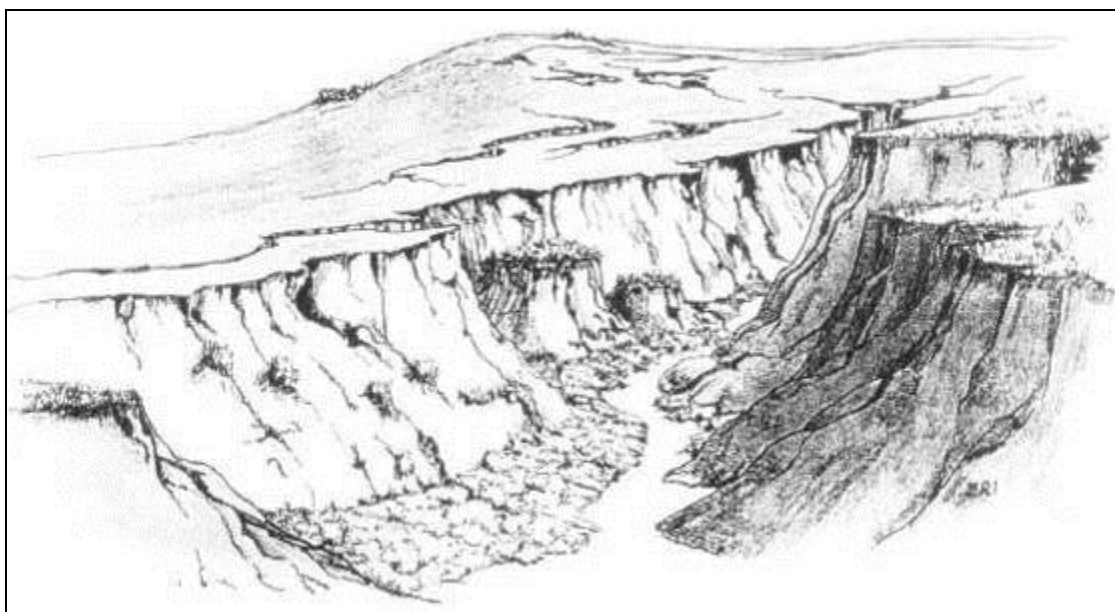
As regiões de ocupação do bioma Cerrado, após a década de 1960, como ocorre em áreas dos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, apresentam boçorocas com 10 a 20 metros de profundidade, datadas entre 20 a 50 anos, associadas ao pisoteio do rebanho, às queimadas, ao período de chuvas concentradas no verão e à textura franco-arenosa e arenosa franca dos solos (BACCARO, 1999).

Em relação à gênese das boçorocas, Rossato et al. (2008, 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 fundo chato, ocorrendo fluxo de água no seu interior durante os períodos chuvosos. Ao aprofundarem seus canais, as boçorocas atingem o lençol freático. Constituem um processo de erosão acelerada e de instabilidade nas paisagens.

A figura 17 ilustra a feição erosiva do tipo boçoroca.

Figura 17 – Representação ilustrativa de uma boçoroca.



Fonte: Rossato et al. (2008, p. 245).

Para Salomão (1994), no boçorocamento ocorre uma ação conjugada das águas superficiais e subsuperficiais, cuja erosão produzida por águas subterrâneas pode ocasionar desmoronamentos que induzem a formação de uma morfologia de anfiteatros nas cabeceiras das boçorocas.

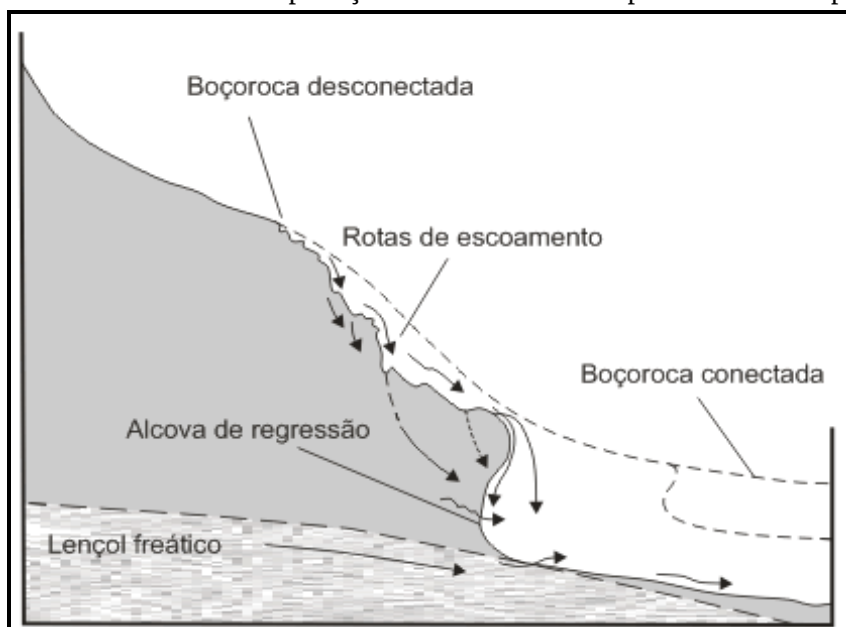
A erosão subterrânea, sendo a do tipo tubular interna mais comum em áreas de boçorocamento, ocorre através do desenvolvimento de forças que desprendem as partículas finas de solos não coesivos e as transportam no meio poroso, levando à liquefação com avanço erosivo remontante (BACELLAR, 2000).

Sudo (1981, p. 189) caracteriza o processo de:

[...] erosão remontante escava o material coluvial até encontrar um maciço rochoso que pode estar presente próximo ao topo do espigão aflorando ou aos poucos centímetros de superfície [...] mas as águas de precipitação pluvial, escoando através dos sulcos ou canais anteriormente escavados sobre o maciço rochoso, continuam contribuindo para o crescimento das boçorocas que, nesse estágio passam a se alargar e a se ramificar.

A erosão remontante nas cabeceiras das boçorocas é frequente em áreas de fundos de vale com surgências do corpo freático. Segundo Oliveira (1999), a ocorrência de surgências do freático na base dos taludes da boçoroca ocasiona a formação de alcovas de regressão que ao se aprofundarem por erosão remontante desestabilizam camadas de solo e favorece a ocorrência de movimentos de massa, situação esquematizada pela figura 18.

Figura 18 – Erosão remontante por ação dos escoamentos superficiais e subsuperficiais.



Fonte: Oliveira (1999, p. 84).

Em relação à evolução do boçorocamento, atingida a zona de saturação permanente e a ação da erosão subterrânea, a boçoroca se alarga devida ação de movimentos de massa localizados com formação de taludes íngremes e de perfis transversais na forma de

“U”, com fundo irregular. Com a implantação definitiva de um curso d’água, o leito tende a se regularizar e o processo de incisão linear continuará até atingir o nível de base local, quando a atividade erosiva desacelera. Finalmente, ocorre a instalação de uma vegetação no interior da boçoroca e seu fundo é preenchido por sedimentos aluviais (IWASA; PRANDINI, 1982 apud BACELLAR, 2000).

Além dos processos associados ao boçorocamento, como a erosão subterrânea e a erosão remontante, existem microformas de relevo no interior das boçorocas que representam indicativos da evolução do boçorocamento. Dentre os exemplos de microformas temos: as alcovas de regressão, os pedestais e as quedas de areia.

As alcovas de regressão são geralmente formadas pela ação do afloramento do corpo freático nas paredes das boçorocas. Os pedestais são presentes no interior de boçorocas, principalmente em taludes como solos expostos à ação das águas durante as precipitações. As quedas de areia se caracterizam pela ação de liquefação espontânea de materiais inconsolidados e não coesivos, geralmente decorrentes de instabilidades geradas em períodos chuvosos, associadas aos movimentos de massa locais (OLIVEIRA, 1999).

Sobre a morfologia das boçorocas, Furlani (1969) as classifica em circulares e lineares. Para este autor, as boçorocas 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 boçorocas 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 boçoroca estudada neste trabalho.

Além da morfologia, alguns autores classificam as boçorocas em urbanas e rurais. Segundo o trabalho realizado pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (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”.

Assim nota-se que, o boçorocamento se caracteriza por sua complexidade exigindo estudos detalhados na escala espacial e temporal. Neste contexto de vários processos relacionados ao boçorocamento e dos mecanismos de perda acelerada do solo, é de suma

importância uma análise dos métodos experimentais e das estimativas de perda de solo para se quantificar a dimensão deste problema.

5.4 Os métodos experimentais e as estimativas de perda de solos

Como foi mencionado, o ritmo acelerado da perda de solos, pelas atividades agropecuárias sem a aplicação das práticas conservacionistas e pelas formas de ocupação da terra, exige a aplicação de métodos experimentais para se estimar estas perdas e apresentar reais diagnósticos para apresentar corretas formas de planejamento ao controle da erosão acelerada. Para Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 248): “o uso das equações empíricas para avaliar as perdas de solo de uma área cultivada vem se tornando prática indispensável para o planejador conservacionista”.

Neste sentido de análise das pesquisas e elaboração de estimativas sobre a conservação do solo, os Estados Unidos da América tornaram-se referência graças aos inúmeros institutos de pesquisa agrícola e universidades.

Entre os anos 1930 e 1942, incentivados por recursos da política do “*New Deal*”, inúmeros institutos passaram a implantar parcelas experimentais na Bacia do Rio Mississippi-Missouri. Além disso, na década de 1930 foi criado o *Soil Conservation Service* (LAFLEN; MOLDENHAUER, 2003).

Os principais centros de pesquisa sobre erosão de solos foram estabelecidos na região do *Corn Belt*, e no início da década de 1940 foi desenvolvido o método de plantio em declives para esta região. Zingg (1940 apud LAFLEN; MOLDENHAUER, 2003) desenvolveu uma equação ao relacionar as perdas de solo com o comprimento e o grau de declive do terreno, ou seja, estabeleceu o fator LS da Equação Universal de Perda de Solo (USLE). Em 1941, Dwight Smith acrescentou os fatores práticas conservacionistas (fator P) e manejo de culturas (fator C), e fundamentou o método do plantio em declives para a região do *Corn Belt*, estabelecendo matematicamente limites para as estimativas de perdas de solo. Em 1947, um grupo de pesquisadores liderados por George Browning desenvolveu o fator erodibilidade (K) para os solos do estado americano de Iowa. Ainda na década de 1940, no estado americano de Ohio uma comissão científica visou aplicar os fatores desenvolvidos para a região do *Corn Belt* em demais regiões orientais dos Estados Unidos, inserindo o fator erosividade da chuva (R). Neste contexto, na década de 1940 ocorreram incentivos às pesquisas sobre hidrologia e bacias hidrográficas para projetos de controle de enchentes, e em 1947, Musgrave propôs uma nova equação de perdas de solo, readequando parâmetros

propostos pelas equações anteriores, inclusive destacando o papel das diferentes culturas agrícolas no fator cobertura vegetal e manejo (C) (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1999; LAFLEN; MOLDENHAUER, 2003).

Entre as décadas de 1940 e 1950, Dwight Smith foi responsável pelo programa “*National Runnof and Soil Erosion Data*” do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, e em 1953 nomeou Walter H. Wischmeier (1911-2001) para desenvolver este programa na *Purdue University* em West Lafayett, no Estado de Indiana (EUA). Na década de 1950, a cooperação de órgãos federais e estaduais nos Estados Unidos, através de mais de 10 mil dados sobre taxas de perda de solos em parcelas experimentais, de 49 localidades, contribuiu para o desenvolvimento da *Universal Soil Loss Equation*. Em 1961, Wischmeier e Smith apresentaram a primeira publicação da *Universal Soil Loss Equation*, sendo a segunda edição publicada em 1965, e a terceira edição, em 1978 (LAFLEN; MOLDENHAUER, 2003).

Wischmeier e Smith (1965) apresentaram os resultados das estimativas de perda de solo para os estados da região leste dos Estados Unidos da América, considerando um método para avaliar os efeitos do manejo de uma cultura sob as condições climáticas locais, o fator de erodibilidade do solo através de dados empíricos e um método que considera os níveis de produtividade e formas de manejo em sequência de culturas. Assim, apresentaram a seguinte equação de perda de solos:

$$A = R.K.L.S.C.P \quad (1)$$

A = perda de solo calculada por unidade de área, em Mg/ha/ano;

R = fator erosividade da chuva, em MJ/ha/mm/ano;

K = fator erodibilidade do solo, em Mg/ha/ano, para um solo específico mantido sem cobertura, mas sofrendo as operações culturais normais;

L = fator comprimento de declive, com referência de aproximadamente 22 m¹¹;

S = fator grau de declive, referência de 20° ou 9%⁴

C = fator uso e manejo, pela relação entre as perdas de solo num terreno cultivado em determinadas condições de manejo e as perdas num terreno mantido em alqueive¹²;

P = fator prática conservacionista.

¹¹ Valores adotados por Bertoni e Lombardi Neto (1999) para parcelas experimentais para Latossolo Roxo da região de Campinas (SP).

¹² Técnica de preparação do solo antes do plantio (MAZOYER; ROUDART, 2008).

Dentre os fatores apresentados para se estimar, de maneira indireta, a perda de solos, a erodibilidade do solo depende de resultados de métodos laboratoriais envolvendo o percentual das frações de areia (média e muito fina), percentual de matéria orgânica, estrutura e permeabilidade do solo (FREIRE; PESSOTTI, 1974). Para Bertoni e Lombardi Neto (1999, p. 258): “[...] as medidas experimentais do valor de K, conforme as normas estabelecidas no surgimento da equação universal de perda de solo, são custosas e requerem muitos anos de determinações, além de ser difícil isolar os efeitos do solo de outros fatores”.

Para aplicarem a estimativa de perda de solos, Wischmeier e Smith (1978) utilizaram os valores de erodibilidade dos solos de parcelas experimentais no Estado do Havaí. A aplicação de dados generalizados às demais regiões de solos arenosos do território estadunidense tendo como referência os solos bem estruturados originários do intemperismo de rochas básicas do terreno havaiano gerou críticas à proposta apresentada por Wischmeier e Smith (EL-SWAIFY; DANGLER; ARMSTRONG, 1982).

Além disso, Wischmeier e Smith (1978) consideram que a equação universal de perda de solos (*Universal Soil Loss Equation*), apesar de ser utilizada para se estimar taxas de erosão em práticas não-agrícolas, como estradas e construções através de adaptações, era um modelo designado para computar por longo período as médias de perda de solo por erosão laminar, não sendo possível através desta equação se estimar as perdas de solo geradas por processos erosivos lineares.

No campo das Geociências, a partir da década de 1980, na Geomorfologia brasileira começaram a ser aprimoradas as pesquisas sobre a escala experimental de campo através dos estudos em fisiologia da paisagem proposta por Ab’Sáber (1969, p. 02):

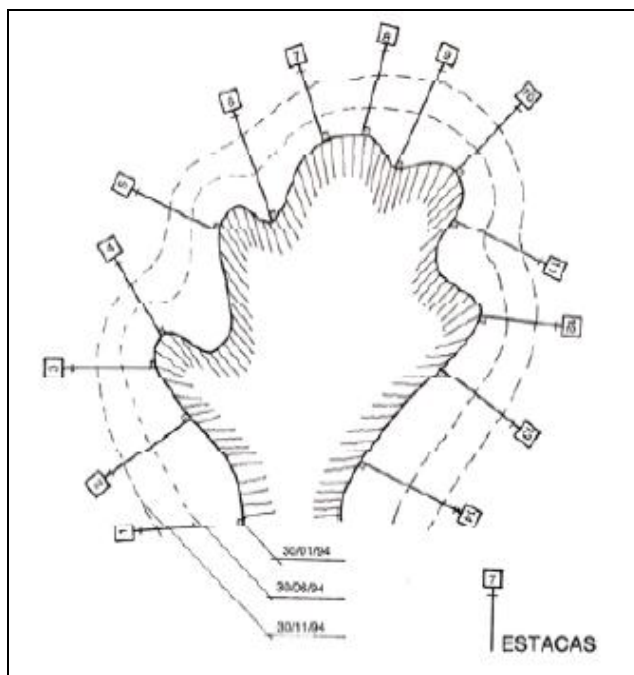
[...] a Geomorfologia moderna cuida de entender os processos morfoclimáticos e pedogênicos atuais, em sua plena atuação, ou seja, procura compreender globalmente a fisiologia da paisagem, através da dinâmica climática e de observações mais demoradas e sob controle de equipamentos de precisão [...] Na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

Casseti (1983) analisou parcelas experimentais numa vertente para aplicar as análises sobre os processos morfodinâmicos em Geomorfologia.

A respeito dos métodos de quantificação da erosão do tipo linear, De Ploey e Gabriels (1980) e Sala (1982) apresentaram o método das estacas, que se consiste na fixação de estacas que possuem a função de pontos de referência materializados para a mensuração

das distâncias entre as estacas e a ruptura de declive nas ravinas e boçorocas, durante um período de monitoramento. A figura 19 mostra uma representação do método das estacas aplicado no monitoramento de boçorocas.

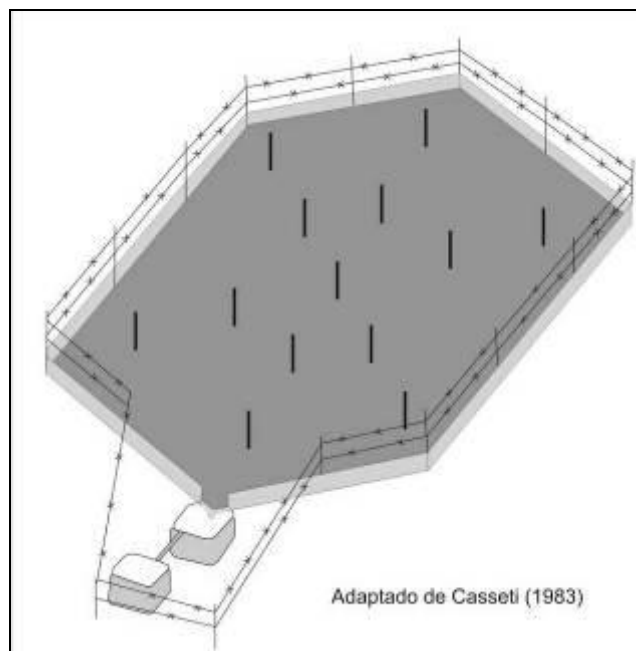
Figura 19 – Monitoramento de boçoroca por estacas.



Fonte: Guerra (2005, p. 33).

Morgan (2005) apresenta o método dos pinos empregado para se mensurar a perda de solos por erosão laminar através de medições das diferenças entre o nível do solo e o nível do pino de erosão. Neste método, os pinos de erosão são distribuídos numa parcela experimental isolada, como mostra a figura 20.

Figura 20 – Parcela experimental com pinos de erosão.



Organizado por Francisco, A. B. (2016).

Além dos métodos com topografia convencional, os avanços nas geotecnologias propiciaram o aprimoramento das técnicas de monitoramento de boçorocas, como ocorre pelo emprego de equipamentos de varredura tridimensional (*3D scanner*), conforme metodologia apresentada por Romanescu et al. (2011).

Os métodos experimentais empíricos, na maioria dos casos, são aplicados em áreas experimentais de instituições acadêmicas pela facilidade de controle. No entanto, o processo de perda de solos é influenciado por inúmeras peculiaridades relacionadas ao uso e ocupação da terra rural e urbana e torna-se um desafio para os pesquisadores adequar estes métodos às diferentes formas de uso e ocupação da terra. Na maioria dos casos, onde os processos erosivos se desenvolvem, existem espaços públicos ou áreas privadas utilizadas para fins econômicos onde o trânsito de pessoas e animais dificulta o isolamento de uma parcela experimental.

Neste contexto, além das dificuldades enfrentadas na obtenção de dados de perda de solos através dos métodos empíricos, o processo erosivo torna-se mais complexo em áreas urbanas, que além dos custos de controle serem mais elevados, este processo envolve uma análise de inúmeros fatores peculiares às áreas urbanas.

5.5 A drenagem urbana e as políticas de controle da erosão urbana

A urbanização implica em alterações no uso, na ocupação e no parcelamento do solo. Na maioria dos municípios do oeste do Estado de São Paulo, entre as décadas de 1960 e 1980, a abertura de loteamentos urbanos ocorreu com a ausência de planejamento urbano que garantisse as adequadas parcelas de áreas disponíveis para a infiltração das águas pluviais.

Apenas a partir do planejamento urbano direcionado pelo Estatuto da Cidade (Lei Federal nº 10.257/2001) foi adotada a formulação e implantação de planos e programas em prol da drenagem urbana sustentável, dentre os quais é destacado o Plano Diretor Municipal e o Plano de Drenagem Urbana.

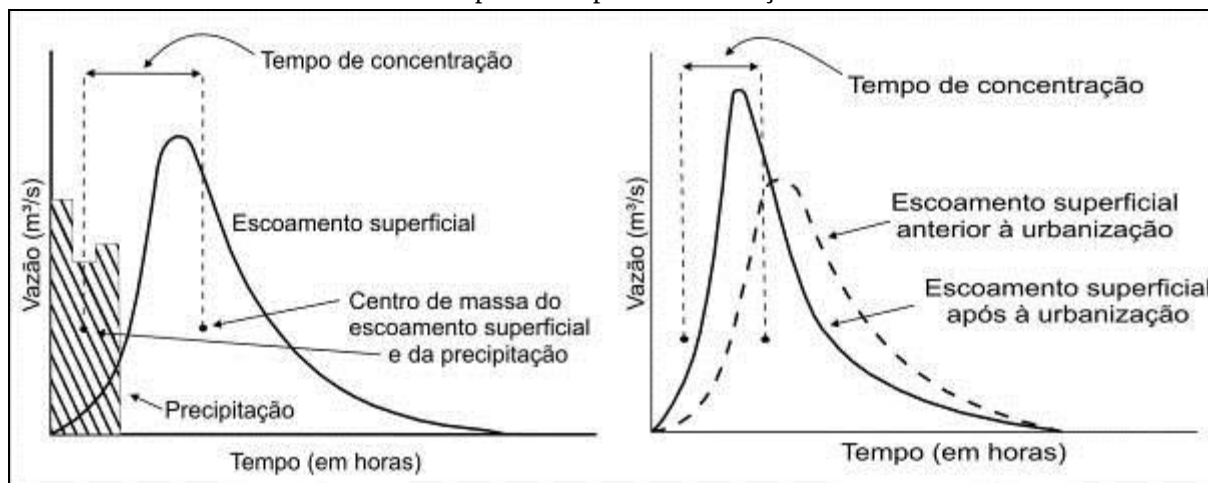
No Plano Diretor, o município estabelece critérios de uso e ocupação do solo urbano, visando disciplinar o parcelamento do solo ao relacionar às condições do relevo local e estabelecer as taxas de permeabilidade e de ocupação dos lotes urbanos a fim de garantir parcelas favoráveis à infiltração das águas pluviais e evitar a impermeabilização do solo urbano geradora de excedentes de escoamento e processos erosivos. O Plano de Drenagem Urbana possui como objetivo criar os mecanismos de gestão da infraestrutura urbana relacionados com o escoamento das águas pluviais, visando regulamentar os novos empreendimentos imobiliários, estabelecer planos de controle estrutural para os impactos existentes nas microbacias urbanas e disciplinar as obras de microdrenagem e macrodrenagem urbanas (TUCCI, 2005).

Os efeitos da urbanização sem restrições à impermeabilização de áreas, principalmente próximas de cabeceiras de drenagem e fundos de vale, são notáveis após todo período chuvoso com a incidência de inundações e impactos diretos aos recursos hídricos que recebem estas águas pluviais após a passagem pelas áreas urbanizadas.

Em análise apresentada por Araújo et al. (2000), observou-se a partir de simuladores de chuva em blocos de concreto um coeficiente de escoamento 22% superior ao do solo compactado, em comparação em superfícies com paralelepípedos foi registrado um coeficiente de escoamento 11% menor que o do solo compactado. Neste sentido, as alterações nas superfícies urbanizadas geram um escoamento superficial após uma chuva sendo necessária uma drenagem urbana projetada para minimizar os efeitos deste escoamento superficial.

A figura 21 mostra um gráfico que apresenta hipoteticamente um aumento do escoamento superficial em menor tempo de concentração numa área após a urbanização.

Figura 21 – Gráfico representativo do comportamento temporal do escoamento superficial após a urbanização de uma área.



Fonte: Adaptado e traduzido de Leopold (1968).

A urbanização implica a instalação de sistemas de drenagem urbana para o direcionamento das águas pluviais pelos lotes urbanos, logradouros até os cursos d'água receptores. No entender de Tucci (2005), a drenagem urbana é formada por um conjunto de medidas infraestruturais que visam amenizar os impactos aos solos causados pela impermeabilização e urbanização em microbacias hidrográficas, e ressalva:

[...] como em drenagem urbana o impacto da urbanização é transferido para jusante, quem produz o impacto geralmente não é o mesmo que o sofre o impacto. Portanto, para um disciplinamento do problema é necessário a interferência da ação pública através da regulamentação e do planejamento (TUCCI, 2005, p. 17).

Em relação às dimensões das estruturas e a bacia de contribuição, a drenagem urbana pode ser classificada em microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem é definida pelo sistema de condutos pluviais ou canais de uma rede urbana, formada por meio-fio, sarjetas, sarjetões, bocas-de-lobo, poços de visita e galerias, responsáveis por garantir o adequado direcionamento das águas pluviais provenientes dos lotes e das vias urbanas. A macrodrenagem envolve os sistemas coletores de microdrenagens para garantir o adequado escoamento das águas pluviais nos fundos de vale e amenizar os impactos da vazão das águas pluviais nos cursos d'água receptores. A macrodrenagem é formada por estruturas de engenharia, especificamente, grandes galerias e estruturas de dissipação de energia como: vertedores, rampas dentadas, blocos de impacto e degraus (AISSE, 1997).

Em decorrência da falta de planejamento urbano para disciplinar o uso e a ocupação do solo e a ausência das estruturas de macrodrenagem urbana, inúmeros solos foram degradados pela ação das vazões das águas pluviais urbanas em períodos chuvosos, situação que acarretou no desenvolvimento de inúmeras boçorocas no interior do Estado de São Paulo entre as décadas de 1960 e 1990. A maioria dos municípios afetados pela erosão urbana buscam convênios com os órgãos estaduais para implantar os sistemas de macrodrenagem e amenizar os impactos das águas pluviais.

Em decorrência dos riscos apresentados pelas boçorocas ativas em inúmeros casos de pequenas e médias cidades do interior paulista, o Governo do Estado de São Paulo, na década de 1980 implantou uma política de combate às boçorocas urbanas através da realização de levantamentos cadastrais pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) e pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) e o apoio financeiro do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) aos projetos de controle da erosão urbana com obras de macrodrenagem e disciplinamento das águas pluviais.

Além do apoio técnico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas e do Departamento de Águas e Energia Elétrica, os municípios recebem recursos financeiros dos Comitês de Bacias Hidrográficas, através do Fundo Estadual de Recursos Hídricos. Segundo Modaelli et al. (2009), entre 1995 e 2008 este fundo investiu mais de 370 milhões de reais para recuperação das bacias hidrográficas, sendo cerca de 12% destes recursos gastos com a implantação de galerias de águas pluviais para o controle da erosão urbana.

Ridente Júnior (2000), ao realizar um cadastro dos processos erosivos urbanos nas microbacias do Córrego do Cedro e do Córrego do Limoeiro em Presidente Prudente-SP, apresentou uma estimativa de custo de aproximadamente 700 mil reais para o controle de uma boçoroca do bairro Jardim Vale do Sol e de aproximadamente 600 mil reais para o controle de uma boçoroca no bairro Ana Jacinta.

De acordo com o Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema (2013), entre 1995 e 2012, o Fundo Estadual de Recursos Hídricos investiu mais de 6,7 milhões de reais (28,6% dos recursos) em projetos para o controle da erosão urbana na Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Médio Paranapanema (UGRHI 17). Nesta Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos foram cadastrados 1.412 focos erosivos, sendo 63 erosões urbanas em 55 municípios.

Os projetos apresentados aos Comitês de Bacias Hidrográficas são direcionados aos Programas de Duração Continuada. De acordo com Leal e Goulart (2009), 63% dos projetos apresentados no Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, no período

entre 1995 e 2008, estavam inseridos no programa intitulado “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.

Atualmente, o contexto da drenagem urbana na maioria dos municípios do interior paulista encontra-se na fase de implantação de obras para o controle da erosão urbana e na elaboração da legislação para fundamentar as propostas de zoneamento urbano e critérios para a existência de áreas verdes e taxas mínimas de permeabilidade nos loteamentos urbanos.

5.6 As práticas de controle das boçorocas

Em relação às práticas para o controle e estabilização das boçorocas, é necessário considerar a origem das boçorocas no contexto urbano ou rural.

As boçorocas originárias de erosão urbana requerem as estruturas de engenharia para o controle da erosão remontante e o direcionamento das águas pluviais pelo canal. Dentre as estruturas de engenharia, estão elencados as estruturas de contenção e os sistemas de revestimento.

As estruturas de contenção são muros verticais construídos em taludes ou encostas, construídos em alvenaria, concreto, pneus ou demais materiais, tendo como exemplos mais comuns os muros de arrimo e gabião. No controle de erosões lineares, os muros de arrimo ou gabião são utilizados para evitar o desmoronamento de taludes em boçorocas (GERSCOVICH, 2008).

Os sistemas de revestimentos são estruturas que modificam a morfologia do terreno da área degradada para readequar o sistema de drenagem, através da construção de calhas e vertedouros. As calhas podem ser construídas com materiais de construção civil especiais como os solos-concretos ou com madeira e pedras, como ilustram a figura 22a e 22b e a figura 23a e 23b.

Figura 22a e 22b – Sistemas de revestimento com solo-concreto.



Fonte: Gerscovich (2008).

Figura 23a e 23b – Calhas construídas com madeiras e pedras.



Fonte: Sponga e Coelho (2001).

A estabilização de taludes é uma forma de controle das boçorocas urbanas e rurais. Nas últimas décadas é crescente o emprego da bioengenharia de estabilização de encostas. A bioengenharia de estabilização de encostas ou de solos é uma prática que visa o plantio e a manutenção de vegetais nas encostas, sendo estes fixados por estruturas como as biomantas (SOLERA, 2010).

A figura 24 (a ao e) mostra a implantação de medidas de controle de uma boçoroca numa área rural do Mato Grosso do Sul com a suavização dos taludes, a implantação de calhas e a fixação de biomantas.

Figura 24a 24b 24c 24d 24e – Controle de boçoroca com técnicas de bioengenharia de solos.



Fonte: Vertical Green do Brasil (2014).

Além das práticas estruturais que demandam custos na ordem de centenas de milhares ou até milhões de reais, existem as práticas não-estruturais de baixo custo como os barramentos, os diques e as paliçadas. Estas práticas não-estruturais são utilizadas principalmente em regiões tropicais e semiáridas onde os produtores rurais possuem recursos financeiros escassos.

Algumas destas práticas não-estruturais exigem habilidades artesanais e um empenho coletivo de produtores rurais e da comunidade local como ocorre na elaboração de

paliçadas com madeira e vegetais trançados implantadas em localidades do Chile (CAMPAÑA, 2009) e com fibras de palmeiras implantadas em áreas degradadas no estado do Maranhão (MENDONÇA, 2006).

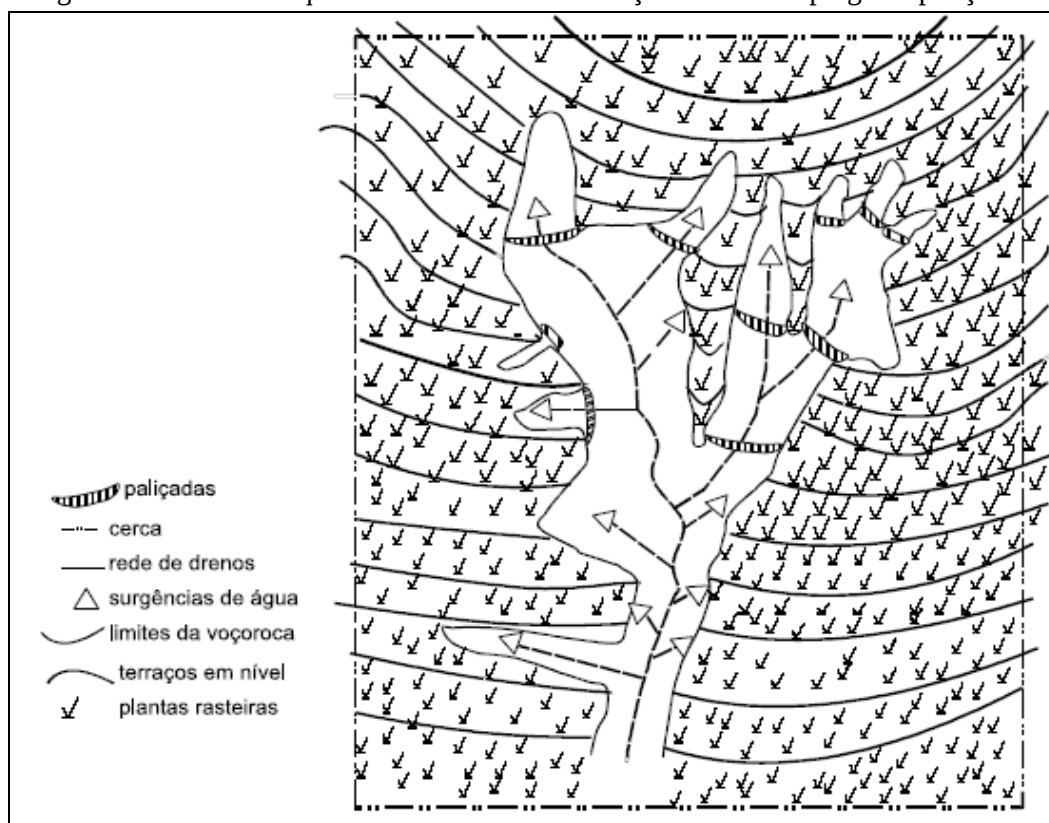
O uso de barreiras com materiais de baixo custo para diminuir a velocidade dos escoamentos concentrados em sulcos e ravinas é uma técnica utilizada desde a Antiguidade (ARAÚJO et al., 2000).

Na década de 1940 o uso de barreiras de bambus foi aplicado em Porto Rico (EUA) por White e Childers (1945). Na década de 1950 foram apresentados por Hudson (1957 apud EL-SWAIFY; DANGLER; ARMSTRONG, 1982) técnicas de barramentos no controle da erosão em região do Zimbábue (África Meridional).

No entanto, nas últimas décadas estas técnicas foram utilizadas em parcelas experimentais para evidenciar suas eficiências através de monitoramento dos experimentos. No Brasil foram apresentadas experiências no Estado de Goiás por Farias et al. (2006) e no Estado de São Paulo por Bertolini e Lombardi Neto (1994) e Francisco (2011).

Os barramentos, as paliçadas e os diques possuem como finalidade a diminuição da velocidade dos escoamentos superficiais concentrados em ramificações das boçorocas, geralmente instalados em calhas ou ravinas, e são construídos com materiais de baixo custo como madeiras, pneus usados, pedras, sacos com terra, dentre outros. A figura 25 mostra um modelo de localização de paliçadas no interior das ramificações de uma boçoroca e a associação com terraceamentos e revegetação.

Figura 25 – Modelo esquemático de controle de boçoroca com emprego de paliçadas.



Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2011).

Nesta tese são apresentados os resultados de parcelas experimentais com o emprego de barramentos de bambus (*Bambusa bambos* L.) no controle de ravinas, sendo a eficiência deste procedimento discutida nos resultados do monitoramento das parcelas experimentais.

CAPÍTULO 02

O HISTÓRICO DE USO DA TERRA E DAS EROSÕES LINEARES NO MUNICÍPIO DE RANCHARIA (SP)

6.1 Os usos pioneiros da terra e o surgimento dos processos erosivos lineares

A erosão de solos no Planalto Ocidental paulista é um fenômeno que guarda relação com as condições de uso e ocupação do solo, principalmente após intensos desmatamentos e introdução de monoculturas agrícolas desde a década de 1920, nas regiões de Assis e Presidente Prudente. De acordo com Oliveira (1994, p. 33): “o povoamento deste Planalto, iniciado há cerca de um século, é o principal responsável pelos intensos processos erosivos que se manifestam até hoje [...] Essa erosão responde não somente à radical alteração da cobertura vegetal, mas também à introdução do manejo do solo rural e urbano, ou em terras até então virgens”.

Essa cobertura vegetal primitiva; constituída de formações florestais latifoliadas semidecíduais e formações herbáceo-arbustivas, que formavam estratos com espécies arbóreas com mais de quinze metros de altura, espécies arbustivas com cinco metros de altura em média e espécies herbáceas e rasteiras que protegiam o solo (VICTOR, 1974¹³ apud OLIVEIRA, 1994), não apenas impedia o impacto direto das precipitações no solo, mas também garantia a recarga de nascentes e o perfeito equilíbrio hidrológico para o desenvolvimento da pedogênese e a riqueza de nutrientes para animais e vegetais.

O desmatamento nas bacias do Rio do Peixe e Rio Paranapanema foi iniciado com a abertura das primeiras estradas, principalmente por mineiros que transportavam seus rebanhos bovinos, e ao longo do chamado “sertão”, coberto por mata virgem, faziam pequenas clareiras e ranchos. A primeira forma de ocupação econômica do município de Rancharia ocorreu no final de século XIX com os tropeiros vindos de Minas Gerais e Goiás.

Neste contexto surgiu a denominação de Rancharia pela referência ao lugar de pernoite de tropeiros que construíam ranchos para abrigar o rebanho. Uma segunda concepção sobre a denominação de Rancharia, refere-se ao conjunto de ranchos de pernoite construídos pelos trabalhadores da Estrada de Ferro Sorocabana. Esta é a versão mais aceita no município, pela importância histórica e econômica Estrada de Ferro Sorocabana. Em setembro de 1916, a

¹³ VICTOR, M. A. **A cobertura vegetal primitiva**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1974.

cidade de Rancharia foi fundada com a inauguração da estação ferroviária da Estrada de Ferro Sorocabana.

Por volta de 1908, o governo paulista apoiou a abertura de uma estrada boiadeira ao longo do espigão divisor de águas das bacias do Rio do Peixe e do Rio Paranapanema, para garantir o transporte do rebanho bovino entre o estado de São Paulo e o estado de Mato Grosso (MONBEIG, 1984).

A implantação da rede ferroviária estabeleceu um ritmo mais acelerado ao desmatamento, visto que a valorização das terras, a implantação de serrarias e o uso da lenha, como combustível para as locomotivas e tarefas domésticas consolidaram o contexto ideológico de retirada da mata para implantação do progresso regional (LEITE, 1972).

A figura 26 mostra a madeira retirada na microbacia do Ribeirão Capivari em Rancharia.

Figura 26 – Transporte de madeira retirada em Gardênia, distrito de Rancharia, na década de 1940.



Fonte: Acervo digital de Corrêa (2014).

O cultivo do café, apesar de não ter representado prosperidade devido ao plantio tardio após a crise internacional de 1929, foi realizado sem técnicas conservacionistas e seu manejo deixava espaços de solos expostos. Segundo Oliveira (1994, p. 39): “[...] as técnicas de manejo pioneiras não envolviam quaisquer medidas conservacionistas, como denunciam as formas de cultivo das antigas quadras de café, cuja limpeza cuidadosa expunha o solo nu às intempéries, favorecendo enxurradas ao longo dos corredores”.

No final da década de 1920, a decadência da cultura cafeeira nos principais centros produtores refletiu na queda da cultura na Alta Sorocabana, e introdução do algodão como principal monocultura agrícola. De acordo com o Jornal Atual de Rancharia (1982 apud OLIVEIRA, 1994), o cultivo do algodão foi introduzido por imigrantes japoneses em Rancharia, no ano de 1928, sendo que em 1929 o preço do algodão triplicou no mercado internacional. De acordo com depoimento do Sr. Santo Bossoni, antigo morador de Rancharia:

Eu assisti o início da lavoura algodoeira. Quando cheguei aqui, em 1932, o café estava em má fase. E já existiam várias plantações de algodão, principalmente de japoneses. Falavam em Santos que estava dando muito algodão, e meu destino foi esse: vir para Rancharia plantar algodão. Cheguei em 1939. Só tinha a estação [...] O auge do algodão foi de 1940 a 1945, quando Rancharia ficou conhecida com a Capital do Algodão, e chegou até 1954. Depois foi regredindo e decaindo (OLIVEIRA, 1994, p. 156).

A cotonicultura não apenas gerou fonte de renda para os produtores rurais e emprego no campo, mas também contribuiu para a instalação do distrito industrial em Rancharia através das Indústrias Matarazzo, Anderson Clayton do Brasil S/A, Algodoeira McFadden Cia. Ltda. e Algodoeira Sanbra S/A. Essas indústrias, mesmo após a decadência da cotonicultura na região, continuaram por várias décadas a beneficiar o algodão de novas regiões produtoras para as indústrias têxteis.

A figura 27 e a figura 28 mostram os resultados da produção relevante da cultura algodoeira na década de 1950 em Rancharia.

Figura 27 – Transporte do algodão para as indústrias beneficiadoras na década de 1950, em Rancharia.



Fonte: Acervo digital de Corrêa (2014).

Figura 28 – Secagem do algodão na indústria Anderson Clayton do Brasil S/A, em Rancharia.



Fonte: Jablonsky e Vieira (1960).

Apesar das riquezas geradas pela cotonicultura, Rancharia teve seus solos exauridos por esta produção agrícola entre as décadas de 1930 e 1950, visto que os cultivos foram realizados sem manejo conservacionista. Conforme depoimento do Sr. Vieira Sobral (1992): “depois do desmatamento, em 2 ou 3 anos a erosão começa. A do algodão é mais forte. O arado puxado a burro formava aquelas canaletas e quando vinha uma chuva forte, formava as erosões” (OLIVEIRA, p. 158, 1994).

De acordo com Leite (1972), a cotonicultura entrou em decadência devido a perda gradativa da fertilidade dos solos e gastos com o uso de pesticidas, concorrência com outras culturas e aumento dos incentivos na pecuária de corte, concorrência com as fibras artificiais e aumento do preço de arrendamento das terras. Este autor ressalva que devido a decadência da cotonicultura, foram incentivadas as culturas do amendoim e da mamona, para evitar a desativação das indústrias instaladas para a extração de óleo vegetal.

O estudo apresentado por Grohmann e Catani (1949), na estação experimental de Pindorama, mostrava que os solos com talhões de algodão, apresentaram uma perda por erosão de 37,3 toneladas de solo por hectare e 88 mm de altura de solo por enxurrada por ano. Além da perda de quantidade de solo, o estudo também apresentou dados sobre quantidades relevantes de nutrientes transportadas pelo solo erodido. Segundo esse estudo, o solo transportado pela erosão hídrica no cultivo do algodão de caroço possui 2,0 vezes mais matéria orgânica, 2,8 vezes mais fósforo (P), 2,3 vezes mais potássio (K) e 1,9 vezes mais cálcio (Ca) do que o solo original.

Além de estabelecer o auge da fase de desmatamento para o cultivo agrícola, entre as décadas de 1940 e 1960, período este quando deixar porções de terra com mata era visto como prejuízo no contexto econômico, a cotonicultura garantiu a fragmentação das grandes propriedades que antes eram glebas originadas de terras devolutas do início da colonização, e a abertura de inúmeras estradas e caminhos para o transporte a tração animal e rodoviário. Segundo Oliveira (1994, p. 39-40):

[...] somam-se ao manejo do solo, o uso urbano e a rede viária que, além de suas agressividades específicas, apresentam em comum, em contraste com o quadro primitivo, um elemento inusitado: **a feição linear**. São os caminhos, as cercas, as ruas, os carreadores [...] Esta concentração dos escoamentos, que se manifesta já desde o desmatamento, é ainda mais privilegiada pelas feições lineares criadas pelo uso do solo, especialmente as próprias estradas pioneiras, de ferro ou de rodagem, que, cruzando as bacias hidrográficas, recolhem e concentram as águas de escoamento superficial (grifo do autor).

A figura 29 mostra as ravinas às margens de uma estrada no município de Rancharia.

Figura 29 – Estrada ameaçada por processos erosivos, município de Rancharia.



Fonte: Jablonsky e Vieira (1960).

Para Iwasa e Prandini (1980) a maior parte das boçorocas do oeste de São Paulo e noroeste do Paraná surgiram na década de 1940 e 1950, justamente no ápice do desmatamento e implantação de grandes áreas agrícolas de café e algodão.

Através de análise de fotos aéreas e registros fotográficos é possível notar a presença de boçorocas e grandes ravinas. Uma parte das boçorocas que existem na atualidade já possuíam, na década de 1960, dimensões próximas às atuais.

A figura 30 mostra uma boçoroca localizada nas proximidades da cidade de Rancharia, em 1960. Ao fundo ainda é possível perceber a presença de fragmentos consideráveis de mata nativa daquela época.

Figura 30 – Boçoroca na estrada de Rancharia para Bastos.



Fonte: Jablonsky e Vieira (1960).

Diante destes aspectos históricos de surgimento dos processos erosivos lineares, nota-se que apenas a partir da década de 1970 foram adotadas as primeiras práticas conservacionistas na região do Oeste Paulista, devido ao uso mais frequente dos conhecimentos acadêmicos na agropecuária, principalmente considerando os resultados das pesquisas sobre as estimativas de perda de solo e o despertar da consciência de sustentabilidade no final do século XX.

6.2 O histórico das erosões urbanas

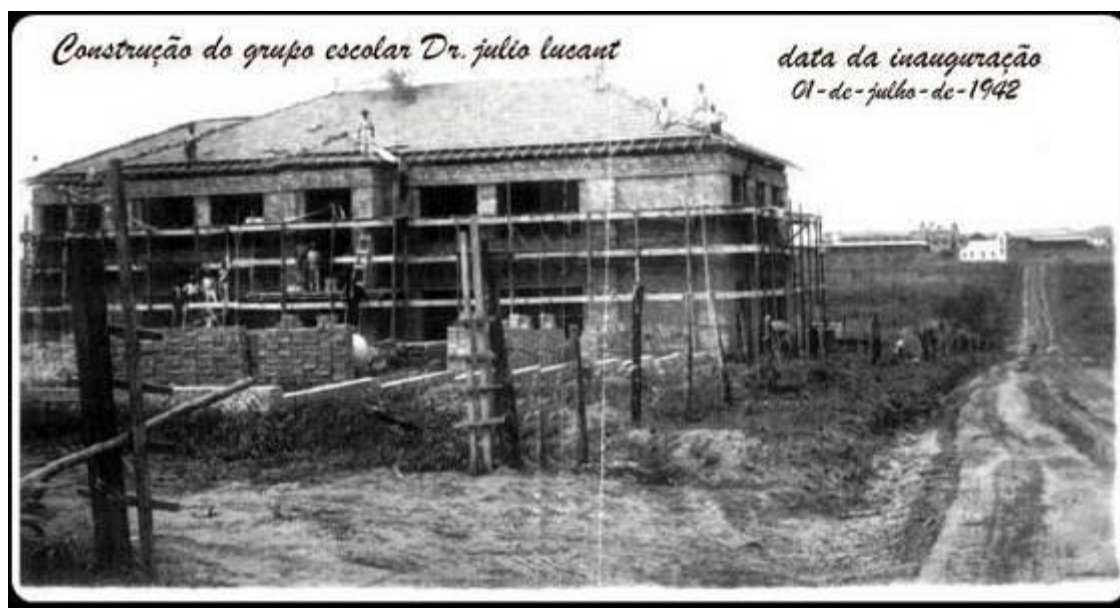
O núcleo urbano de Rancharia surgiu com a construção da estação ferroviária em 1916 e moradias de pernoite para abrigar os trabalhadores da Estrada de Ferro Sorocabana, do qual originou a denominação da localidade em decorrência destes ranchos de pernoite.

Para dar apoio a estes trabalhadores surgiram casas comerciais no atual Bairro da Estação e os primeiros moradores eram principalmente nordestinos e imigrantes europeus e asiáticos. Estes moradores se fixavam, e após realizarem o desmatamento, loteavam as terras principalmente para o plantio de café e conseqüentemente era notável a abertura de várias estradas e caminhos.

Em entrevista para o documentário “Rancharia: sua história e sua gente”, o Sr. José Guimarães Dias, comerciante da cidade, mencionou como era a cidade no início da década de 1930: “Quando eu cheguei, em Rancharia, em 1931, só tinha a estação e um hotel onde hoje é a delegacia. A avenida (Avenida Dom Pedro II) era uma rua, lá embaixo formava um pantanal danado quando chovia, formava uma enxurrada que a gente não conseguia passar pro outro lado”. Neste depoimento são destacados os problemas decorrentes da drenagem das águas pluviais em Rancharia já na década de 1930.

Conforme foi mencionado anteriormente, o alto preço internacional do algodão favoreceu o início da cotonicultura em Rancharia a partir do final da década de 1920. Na década de 1930, este desenvolvimento da cotonicultura favoreceu a implantação das Indústrias Matarazzo na cidade para o beneficiamento do algodão. A figura 31 mostra a primeira escola da cidade sendo construída, uma estrada (atual Rua Marcílio Dias) e ao fundo o parque industrial, uma capela e o Bairro da Estação.

Figura 31 – Edificações urbanas em Rancharia na década de 1940.



Fonte: Acervo digital de Corrêa (2014).

Entre as décadas de 1940 e 1970 formou-se o centro da cidade com uma morfologia urbana de traçado regular e ocorreu a urbanização da área denominada localmente de “Baixada do Cinema”, onde estão as cabeceiras de drenagem do córrego Água da Lavadeira.

A boçoroca do córrego Água da Lavadeira foi a primeira erosão urbana a trazer preocupação para a população, principalmente devido seu desenvolvimento na década de 1950, cuja erosão remontante comprometeu parte das terras dos bairros Vila Martins e Vila Iolanda. De acordo com Oliveira (1994, p. 162):

O ex-prefeito Manoel Severo Lins afirma que a primeira erosão urbana de grande porte foi a da Água da Lavadeira, segundo afluente da margem direita do ribeirão Rancharia. Essa erosão correspondia a uma boçoroca, cujo desenvolvimento remontante marcou a porção da cidade conhecida por Baixada do Cinema, quase tendo atingido a estrada de ferro.

A boçoroca do córrego da Água da Lavadeira foi controlada por meio da implantação da rede de coleta de esgoto doméstico da porção central e oeste da cidade de Rancharia e algumas das antigas áreas degradadas tornaram-se centros de recreação e de assistência médica pública. Apesar do controle da erosão urbana no córrego da Água da Lavadeira, as condições de poluição das águas deste canal fluvial, devida concentração do esgoto doméstico e industrial, apresentam sérias consequências para o ambiente.

Durante a década de 1960, a criação dos bairros Vila Cantizani e Parque Maria Adelina, com a existência de vias públicas no sentido paralelo das declividades favoreceu o desenvolvimento de outras duas erosões urbanas: a “Ravina da Lucant” e a boçoroca do córrego do Grito.

Segundo Oliveira (1994, p. 162):

[...] a segunda erosão foi a da Avenida Júlio Lucant, também conhecida por Buraco da Prefeitura e aqui denominada Ravina da Lucant. Tratava-se de uma ravina de grandes dimensões, desenvolvida no leito da estrada vicinal que ligava a cidade ao bairro da Lagoa Seca. Segundo o Sr. Santo Bossoni, ‘essa erosão começou na Água da Rancharia, subiu pela estrada até a área urbana e chegou até a minha casa. A erosão rebaixou a rua onde eu morava em 3 metros. Medonho!’. Segundo Manoel Severo Lins, foi ele, em duas gestões na prefeitura, que implantou as principais obras de contenção destes processos erosivos, nas décadas de 50 e 60.

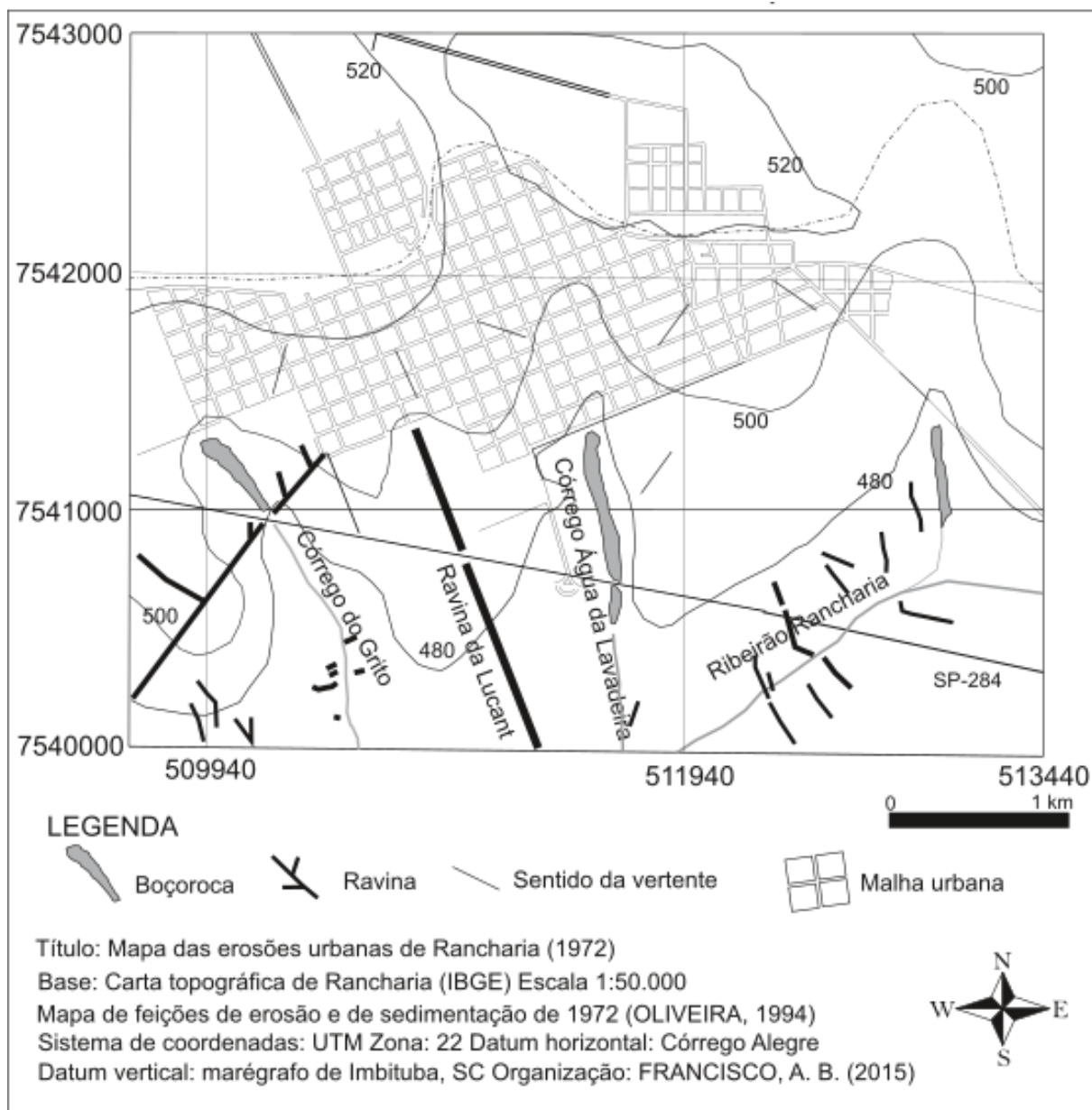
Conforme análise de fotos aéreas de 1962, a “Ravina da Lucant” chegou a possuir 1.950 m e nessa área degradada pela erosão linear não ocorreu boçorocamento por estar localizada num divisor de águas entre as microbacias do córrego do Grito e do córrego Água da Lavadeira. Grande parcela da área degradada pela “Ravina da Lucant” foi aterrada para ampliação da malha urbana dos bairros Vila Cantizani e Vila Guaçu, e a porção próxima ao ribeirão Rancharia foi utilizada para construção das lagoas de decantação para o tratamento do esgoto doméstico da cidade. Em 1981, conforme sancionado em Lei Municipal nº 239/1981, a Prefeitura de Rancharia pagou uma indenização para um proprietário pelos prejuízos causados pelo desenvolvimento da “Ravina da Lucant”. Em 1982, a Prefeitura de Rancharia recebeu recursos do Departamento de Águas e Energia Elétrica para a construção de galerias em projeto de controle da erosão urbana, de acordo com a Lei Municipal nº 329/1982.

Outra boçoroca presente em fotos aéreas de 1962 e 1972 na área do perímetro urbano de Rancharia é a da Água de Vila Tereza. De acordo com Oliveira (1994, p. 174):

A boçoroca da Água de Vila Tereza, obliterada, em seus 220 m pela construção, entre 1972 e 1984, de dois pequenos açudes e de um dissipador de energia das águas de escoamento superficial, sofreu também em 1992, retomada do processo erosivo com destruição dos açudes e do dissipador, além do recuo da cabeceira até atingir a via de acesso leste à cidade.

A localização das erosões urbanas e a morfologia da cidade de Rancharia em 1974 são apresentadas na figura 32.

Figura 32 – Carta das erosões urbanas de Rancharia (1974).



Na década de 1980, a implantação do bairro Jardim Universitário com uma área de aproximadamente 34,84 ha quase dobrou a área urbanizada na microbacia do córrego do Grito, considerando que os bairros implantados anteriormente possuíam uma área de aproximadamente 38,49 ha. Esta ampliação da área urbanizada e consequente acréscimo do escoamento das águas pluviais favoreceu o desenvolvimento da erosão remontante na boçoroca do córrego do Grito.

Outro fator na década de 1980 foi a implantação do bairro Jardim Regina, com uma área de aproximadamente 05,16 ha, estando localizado há poucos metros da boçoroca do córrego do Grito. Na Rua Cândido de Freitas do bairro Jardim Regina algumas famílias

ocuparam os lotes da área de risco às margens da boçoroca. De acordo com Proença (1999), nesta área de risco habitavam 12 famílias.

Na década de 1990 a microbacia do córrego do Grito teve um acréscimo de aproximadamente 43,3 ha em sua área urbanizada. Esta recente expansão urbana no setor noroeste da cidade de Rancharia favoreceu o acréscimo dos volumes de escoamento das águas pluviais. Neste contexto, esta expansão urbana ocorreu justamente na microbacia do córrego do Grito onde estava presente o principal boçorocamento ativo da cidade.

Em decorrência dos riscos gerados pelo desenvolvimento da boçoroca do córrego do Grito, apenas a partir de 1998 foram implantadas as obras de macrodrenagem urbana para o controle da erosão remontante.

6.3 A política municipal para o controle e a prevenção da erosão urbana

Na década de 2000, a partir das diretrizes do planejamento urbano com a implantação do Plano Diretor em cidades com população acima de 20 mil habitantes, conforme estipula o Estatuto das Cidades (Lei Federal nº 10.257/2001), o disciplinamento no parcelamento, uso e ocupação do solo urbano e o zoneamento ambiental assumiram papel relevante nas diretrizes da administração municipal.

No caso do município de Rancharia, o Plano Diretor Urbanístico e Ambiental foi promulgado mediante a Lei Municipal nº 24/2007. Esse Plano Diretor adota uma postura de busca da sustentabilidade a fim de estabelecer as diretrizes para o parcelamento, uso e ocupação do solo urbano e o zoneamento ambiental.

A elaboração de um Plano de Drenagem Urbana, cadastro e mapeamento dos equipamentos de drenagem urbana, a aplicação de medidas para a correção das erosões lineares existentes e a implantação de medidas de prevenção de novos processos erosivos são diretrizes estabelecidas no Plano Diretor Urbanístico e Ambiental do Município de Rancharia.

O artigo 17 da Lei Municipal nº 24/2007 apresenta as seguintes diretrizes para o manejo das águas pluviais:

- 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.

Em relação às diretrizes do Plano Diretor do Município de Rancharia para a prevenção dos processos erosivos urbanos, o zoneamento ambiental estabelece a criação das zonas de ocupação restritiva, no qual se incluem as áreas com solos suscetíveis às erosões, estabelecendo uma taxa de permeabilidade de no mínimo 30% nos lotes urbanos.

A proposta de sustentabilidade enfatizada no Plano Diretor garantiu o campo para a criação da Política Municipal do Meio Ambiente, através do Plano Ambiental Estratégico do município de Rancharia promulgado pela Lei Municipal nº 30/2012. Essa lei garantiu a elaboração das diretrizes relativas à drenagem das águas pluviais com orientações para a elaboração de um projeto de prevenção, controle e combate às boçorocas urbanas através de dissipação das águas pluviais e readequação do sistema de drenagem urbana da cidade de Rancharia (art. 34 da Lei Municipal nº 30/2012). Em relação aos processos erosivos nas áreas rurais do município de Rancharia, essa lei estabelece a criação de um cadastro em planta topográfica das principais boçorocas rurais para formar consonância com o plano de revitalização das margens dos cursos d'água e proteção de nascentes (art. 55 da Lei Municipal nº 30/2012).

Diante das condições de degradação dos solos, a legislação municipal contribui nas orientações para as políticas de controle dos processos erosivos e planejamento no uso e na ocupação do solo, a fim de evitar o agravamento os processos erosivos existentes e garantir a elaboração de projetos para prevenir o desenvolvimento de novas áreas degradadas.

CAPÍTULO 03

O MEIO FÍSICO, AS MUDANÇAS NO USO DA TERRA E SUAS RELAÇÕES COM O BOÇOROCAMENTO NA MICROBACIA DO CÓRREGO DO GRITO

7.1 O substrato geológico e os depósitos tecnogênicos

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

A Formação Adamantina, predominante em toda porção central e norte do município de Rancharia, é 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” (IPT, 1981, p. 48).

Este substrato geológico de arenitos com a presença de cimentação e nódulos carbonáticos, principalmente na porção central do município de Rancharia, entre as bacias do Rio do Peixe e do Rio Paranapanema, estabeleceu condições de resistência aos processos erosivos geológicos e a formação de uma superfície de cimeira com camadas resistentes denominadas cornijas. Sobre o substrato geológico da microbacia do Córrego do Grito, Oliveira (1994, p. 166) relata: “[...] está totalmente esculpida na Formação Adamantina, onde arenitos mais resistentes, por cimentação carbonática, chegam a aflorar, formando cornijas, alinhadas por volta da cota de 440 m, porém de forma descontínua”.

Superpostos às rochas da Formação Adamantina, na região de Marília e Presidente Prudente existem depósitos correlativos de idade quaternária, sendo estes exemplificados pelos depósitos colúvio-eluviais, que segundo Sallun e Suguio (2006, p. 385; 389):

[...] são caracterizados pela predominância de areia e areia argilosa com alta maturidade mineralógica [...] Durante o Quaternário ocorreram pulsos de erosão e sedimentação de depósitos coluviais, colúvio-eluviais e aluviais, intercalados com fases de desenvolvimento de solos sobre as rochas cretácicas. [...] os depósitos colúvio-eluviais ocorrem em toda a área de estudo e são homogêneos, arenáceos a rudáceos e exibem estrutura maciça e espessura de 1 a 9 m. [...] Os depósitos são constituídos de areias muito finas a grossas e inconsolidadas, em sua maioria formada por grãos individuais de

quartzo e coloração avermelhada em função de óxidos e hidróxidos de ferro presentes.

De acordo com Oliveira (1994), além dos depósitos correlativos de idade quaternária situados nas médias e baixas vertentes, nos fundos de vale da microbacia do Ribeirão Rancharia existem depósitos tecnogênicos, 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:

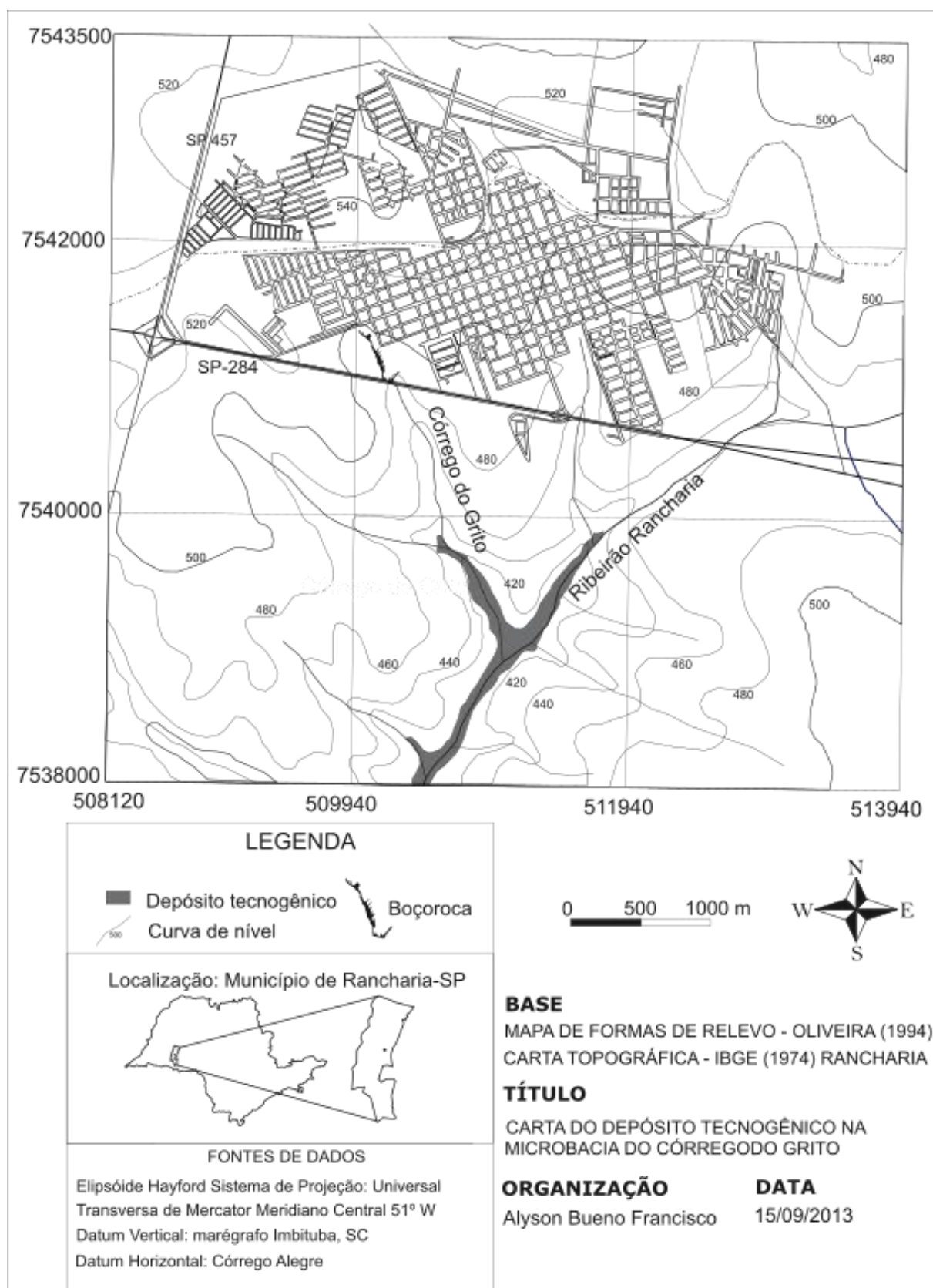
[...] são predominantemente arenosos e com estratificação plano-paralela, conferida pela intercalação de camadas arenosas de 10 a 100 cm de espessura e camadas argilosas de 1 a 10 cm [...]. As camadas arenosas apresentam, frequentemente, estratificação cruzada, e é nelas que podem ser encontrados restos 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).

Oliveira (1994) ao estimar a produção de sedimentos na microbacia do Ribeirão Rancharia pelo uso de aerofotogrametria e dados sobre densidade dos solos, constatou que:

O volume total do depósito [...] é da ordem de 1 milhão de m³, sendo 800.000 m³ no vale do Rancharia e 200.000 m³ no do Grito, portanto, da ordem de grandeza do volume da maior feição erosiva, a ravina da Lucant (600.000 m³). 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” (OLIVEIRA, 1994, p. 178).

A carta da figura 33 apresenta a localização do depósito tecnogênico nas microbacias do Ribeirão Rancharia e do Córrego do Grito.

Figura 33 – Carta do depósito tecnogênico na microbacia do Córrego do Grito, Rancharia-SP.



7.2 As formas de relevo e as condições topográficas

Geomorfologicamente, o município de Rancharia encontra-se na morfoestrutura da Bacia Sedimentar do Paraná e na morfoescultura do Planalto Ocidental Paulista, mais precisamente no Planalto Centro Ocidental caracterizado pelo predomínio de colinas amplas com suaves morfologias (ROSS; MOROZ, 1996).

Em decorrência da existência de áreas onde os arenitos da Formação Adamantina possuem maiores resistências por cimentação carbonática existe, na porção norte e nordeste da microbacia do Córrego do Grito, sucessões de colinas com altitudes superiores aos 500 m, com uma sucessão que se aproxima de uma morfologia de espigão. Para Nunes (2002, p. 98-99), “[...] de modo geral, os chapadões ou espigões suavemente ondulados, cujos topos em boa parte em 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 m. Para este autor:

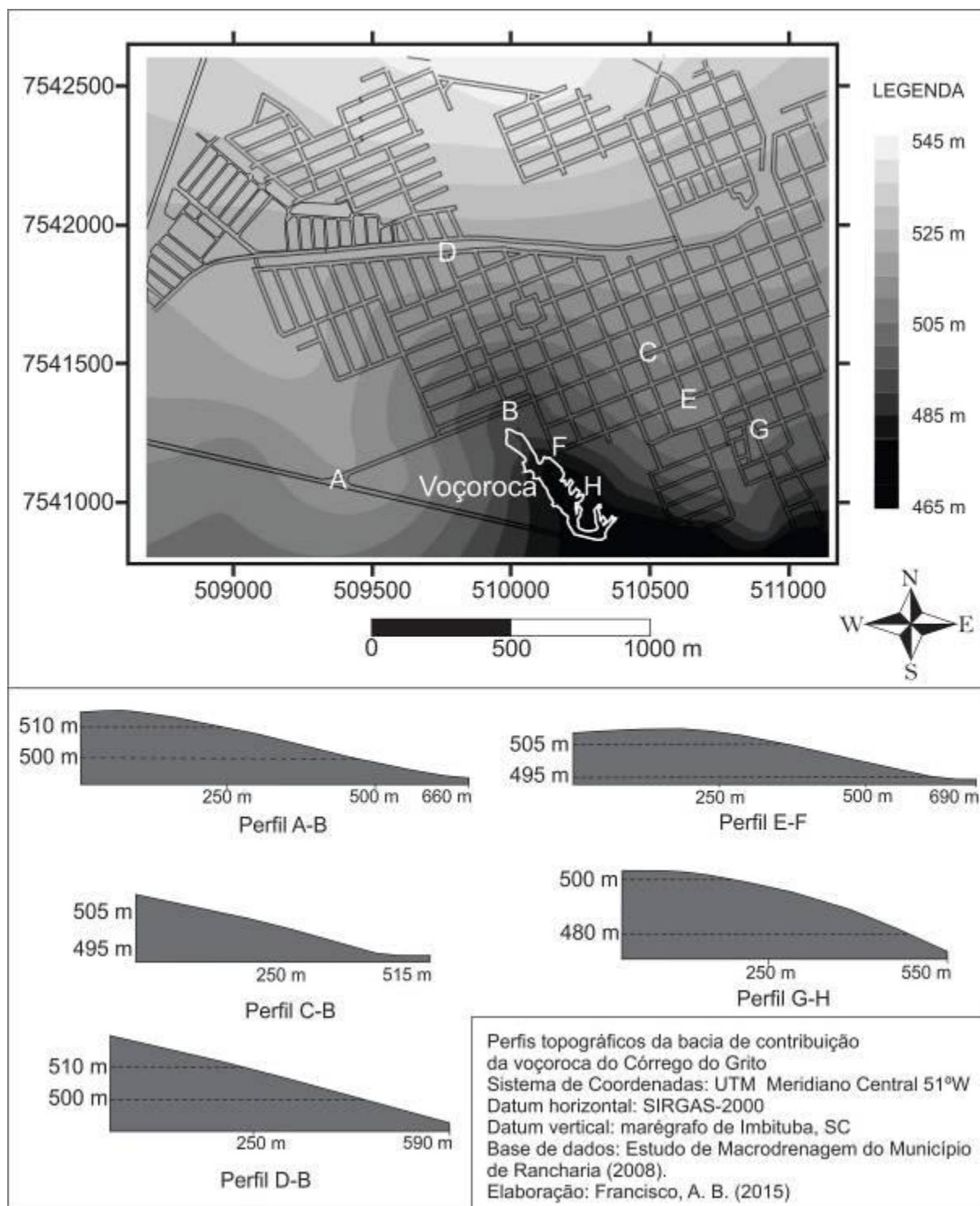
[...] a partir do espigão de Martinópolis, esta cimeira dirige-se para sudeste em direção ao platô de Echaporã. [...] A partir deste colo, a cimeira assume uma topografia definida por uma sucessão de amplas colinas niveladas acima de 500 m. [...] A partir destas colinas, ou mais precisamente, a partir 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 presença destes espigões divisores de águas garante a existência do compartimento de topos das colinas com altitudes superiores entre 530 e 550 m.

Em relação ao compartimento das vertentes na microbacia do Córrego do Grito, Oliveira (1994, p. 167) afirma: “[...] 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”.

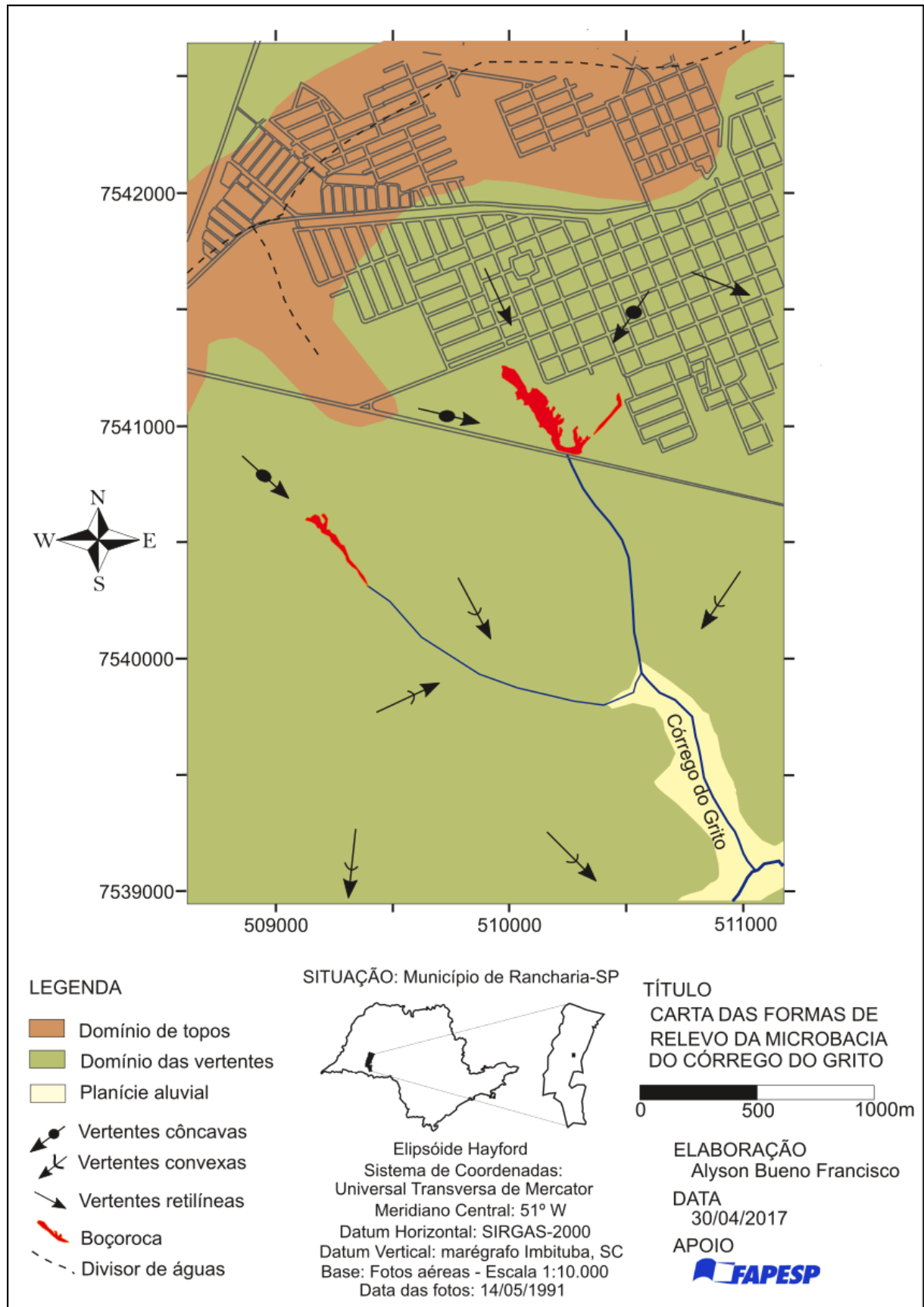
A figura 34 mostra os perfis topográficos de algumas vertentes da bacia de contribuição da boçoroca do Córrego do Grito com a presença de vertentes retilíneas nos trechos das médias vertentes e predomínio de vertentes convexas nas proximidades com o fundo de vale (E-F e G-H).

Figura 34 – Perfis topográficos na bacia de contribuição da boçoroca do Córrego do Grito.



Os compartimentos de relevo da microbacia do Córrego do Grito são apresentados na carta da figura 35.

Figura 35 – Carta das formas de relevo da microbacia do Córrego do Grito.

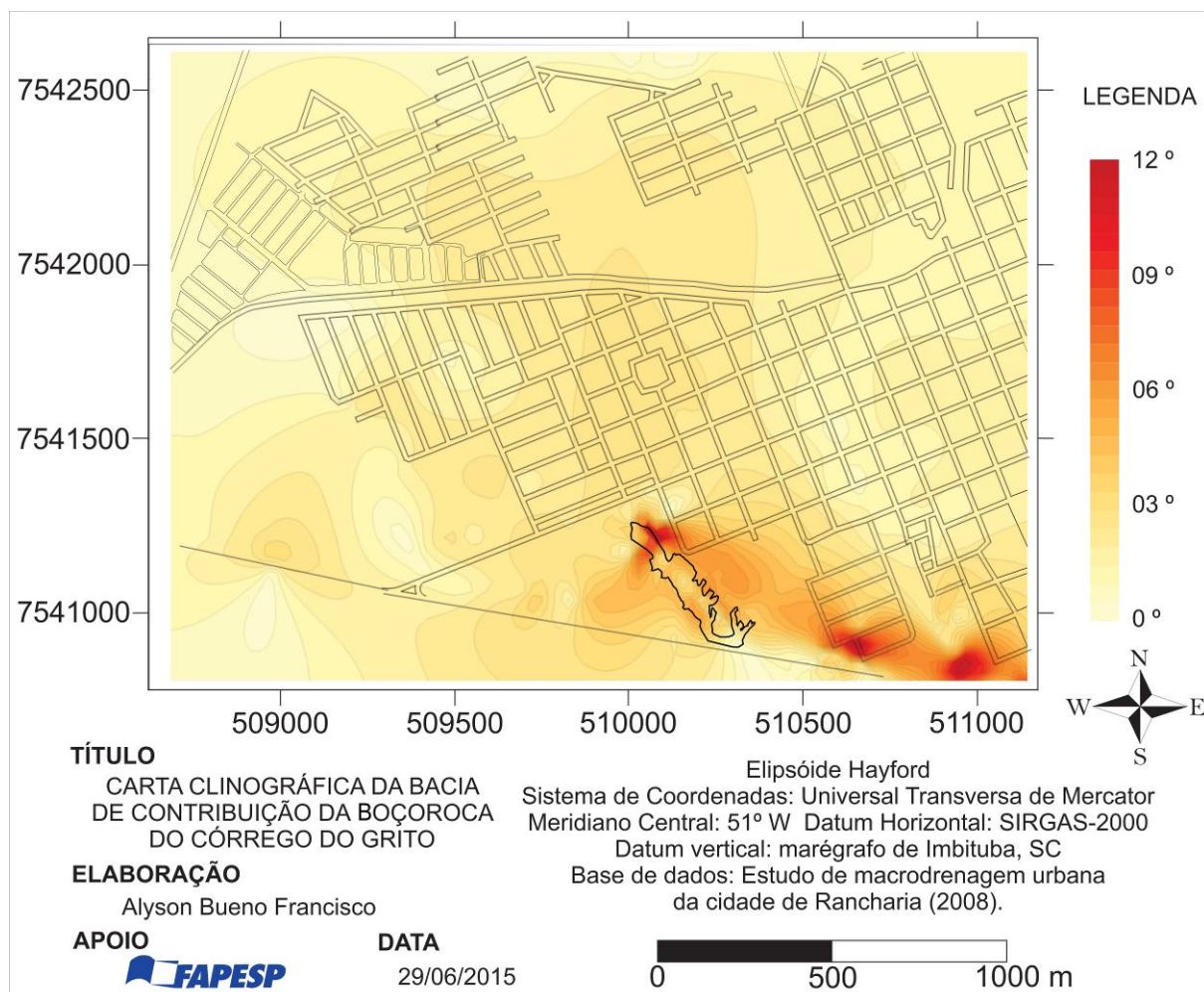


A presença de vertentes côncavas com trechos de rampas de inclinação ocupados por vias públicas urbanizadas propicia a concentração de escoamentos superficiais das águas pluviais cujas vazões na maioria das vezes não são aderidas adequadamente pelo sistema de macrodrenagem urbana. Geralmente, as vertentes côncavas apresentam alta suscetibilidade ao desenvolvimento de boçorocas (SALOMÃO, 1994).

As vertentes convexas estão presentes nos trechos mais próximos ao fundo de vale do Córrego do Grito e são propícias ao desenvolvimento de ravinas devida declividade mais acentuada e pela presença de escoamentos superficiais pela ausência de cobertura vegetal nestas vertentes.

Em relação às condições topográficas, a microbacia do Córrego do Grito apresenta em seu setor urbano declividades de até 3° nos topos e declividades próximas de 12° em trechos de baixas vertentes. A figura 36 mostra a carta clinográfica do setor urbano da microbacia do Córrego do Grito.

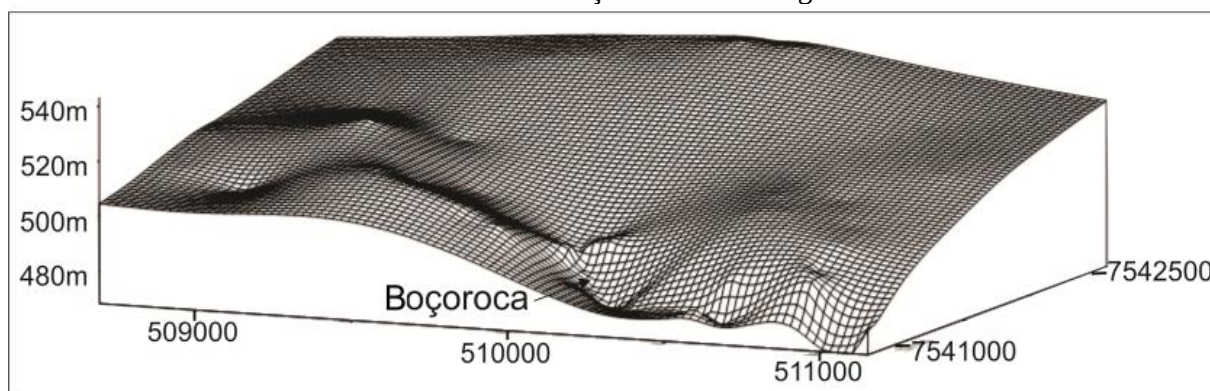
Figura 36 – Carta clinográfica do perímetro urbano na microbacia do Córrego do Grito



O relevo da microbacia do Córrego do Grito, na porção oeste do perímetro urbano da cidade de Rancharia, é marcado por uma morfologia, no qual o sentido das vertentes, em direção ao fundo de vale, estabelece uma cabeceira de drenagem que se aproxima de uma morfologia de anfiteatro, sendo propícia ao desenvolvimento do boçorocamento em condições de degradação do solo e concentração do escoamento superficial (*runnoff*).

A figura 37 destaca o formato de cabeceira em anfiteatro formado pelas vertentes da microbacia do Córrego do Grito direcionando as inclinações para a área de localização da boçoroca.

Figura 37 – Representação tridimensional da topografia de áreas a montante da boçoroca¹⁴ do Córrego do Grito.



Org.: Francisco, A. B. (2016).

Base de dados: Estudo de Macrodrenagem do Município de Rancharia-SP (2008).

Em relação ao compartimento dos fundos de vale, Oliveira (1994, p. 167) descreve a morfologia destes nas 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.

Em decorrência das formas de uso e ocupação do solo nas vertentes da microbacia do Córrego do Grito, inclusive com destaque para o boçorocamento associado à expansão urbana entre as décadas de 1960 e 1990, os processos de perda de solo favoreceram a

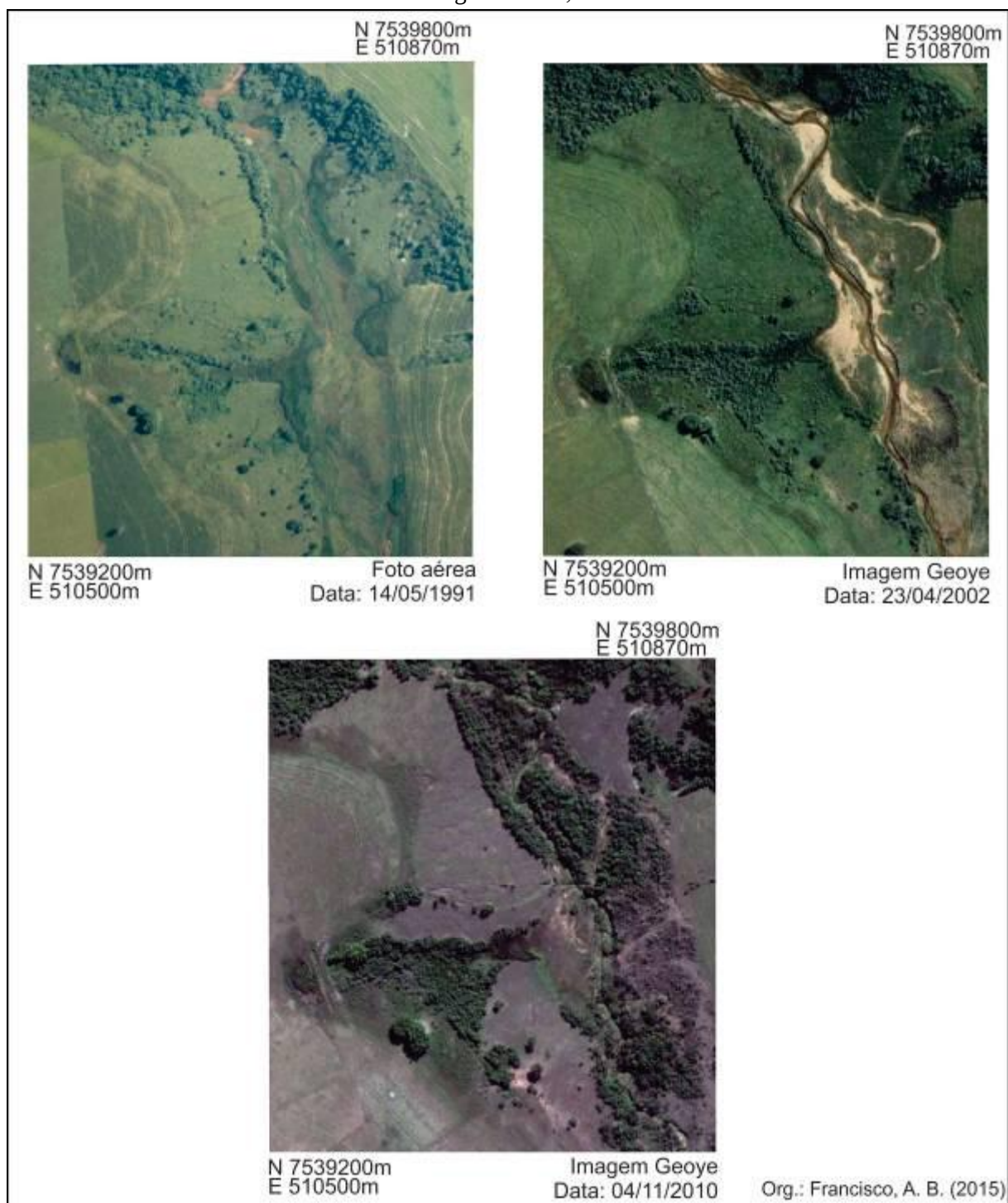
¹⁴ Com a indicação da localização da boçoroca.

formação de depósitos de sedimentos sobre as planícies aluviais do Córrego do Grito. Oliveira (1994) ressalva que as práticas conservacionistas implantadas na área rural e a pavimentação das áreas urbanas favoreceram a diminuição da produção de sedimentos e aumento das vazões provenientes das águas pluviais, situação que induziu o entalhamento dos depósitos de sedimentos nos fundos de vale na microbacia do Córrego do Grito e Ribeirão Rancharia. Segundo este autor:

Quanto aos depósitos tecnogênicos, constatou-se que, de forma coerente com as tendências observadas na evolução do uso do solo e da erosão linear, passaram de uma fase de formação para uma fase erosiva, manifestada através do processo de entalhe que a acompanha a passagem de um comportamento de planície de inundação, submetida à agramação, para o de um terraço fluvial, mais sujeito à erosão. Esse entalhe atesta a retomada da capacidade de transporte de sedimentos pelos cursos d'água, quando liberados da carga de sedimentos produzidos nas áreas-fonte (OLIVEIRA, 1994, p. 199).

A figura 38 mostra uma foto aérea e duas imagens de sistema sensor orbital do mesmo trecho da planície aluvial do Córrego do Grito. A foto aérea datada do ano de 1991 mostra que o canal fluvial do Córrego do Grito permaneceu assoreado pelo depósito de sedimentos. A imagem datada do ano 2002 destaca a presença de sedimentos arenosos depositados recentemente, que são entalhados pela ação do canal fluvial, com destaque o transporte de sedimentos pelo canal fluvial, cujo vigor da vazão é perceptível na imagem. A imagem datada de 2010 destaca a formação de uma cobertura vegetal sobre a planície aluvial, o que demonstra uma estabilidade dos sedimentos depositados no fundo de vale.

Figura 38 – Alterações geomorfológicas em trecho de planície aluvial do Córrego do Grito, Rancharia-SP.



O processo de boçorocamento no Córrego do Grito gerou alterações não apenas nas morfologias das formas erosivas nas vertentes, bem como induziu a formação de depósitos tecnogênicos no fundo de vale que sofrem modificações devida forma de uso e ocupação do solo.

7.3 A suscetibilidade dos solos à erosão linear

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 os Latossolos Vermelhos e os Argissolos Vermelho-Amarelos.

Em relação os solos predominantes e suas relações com o boçorocamento, os Latossolos, ao estarem presentes em cabeceiras de drenagem de elevados gradientes hidráulicos subterrâneos, podem ser suscetíveis ao boçorocamento. Ao possuírem uma textura relativamente homogênea ao longo do perfil pedológico, os Latossolos podem apresentar perda em grande volume devida ação da erosão tubular interna (“*piping*”) sendo esta condição agravada pela concentração de escoamentos superficiais nos perfis homogêneos arenosos em condições de uso e ocupação (SALOMÃO, 1994).

Sobre o comportamento hidrológico no perfil dos Latossolos, Queiroz Neto (2002, p. 85) ressalva: “[...] as coberturas latossólicas não apresentam restrição ao fluxo interno das soluções. A disposição difusa do lençol freático¹⁵ no sopé das vertentes não determina sítios de maior sensibilidade à erosão. Somente o uso inadequado dos solos é capaz de desencadear processos intensos de erosão pelo escoamento concentrado”.

Em relação aos Argissolos, Perusi (2001) considera que são suscetíveis à erosão pelo gradiente textural e pela 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. Os valores de erodibilidade do horizonte superficial dos Argissolos da região de Presidente Prudente são estimados em 0,051 Mg/ha/ano. Para os Latossolos, os valores estimados foram de 0,016 Mg/ha/ano (FREIRE; GODOY; CARVALHO, 1992).

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 podzólicos¹⁶ vermelho-amarelos, de textura

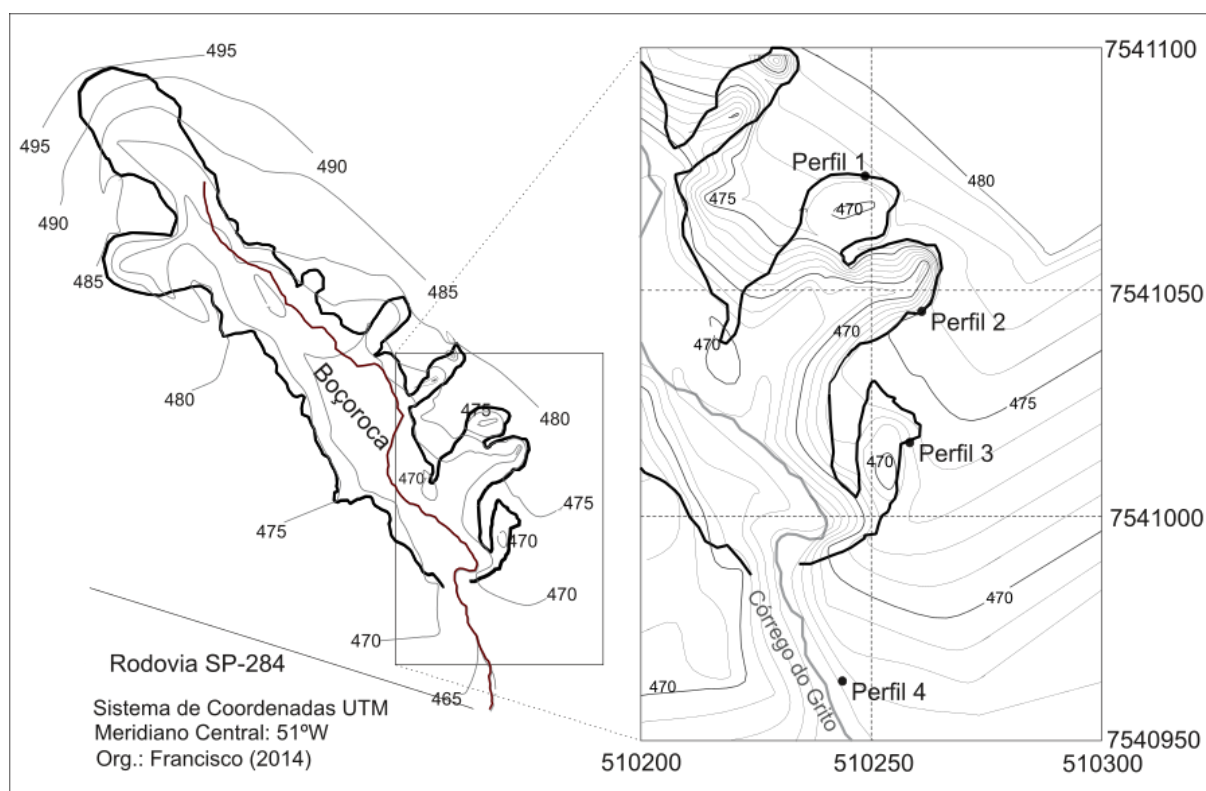
¹⁵ No ramo das Geociências, o uso do termo lençol freático passou a ser questionado e substituído por aquífero freático.

¹⁶ Argissolos conforme Sistema de Classificação de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária de 1999.

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.

Na área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito, Francisco (2011) identificou 04 perfis pedológicos a fim de relacionar as morfologias e as propriedades físicas dos horizontes pedológicos com a suscetibilidade ao boçorocamento. A figura 39 mostra a localização dos perfis pedológicos identificados na área degradada.

Figura 39 – Carta de distribuição dos perfis pedológicos.

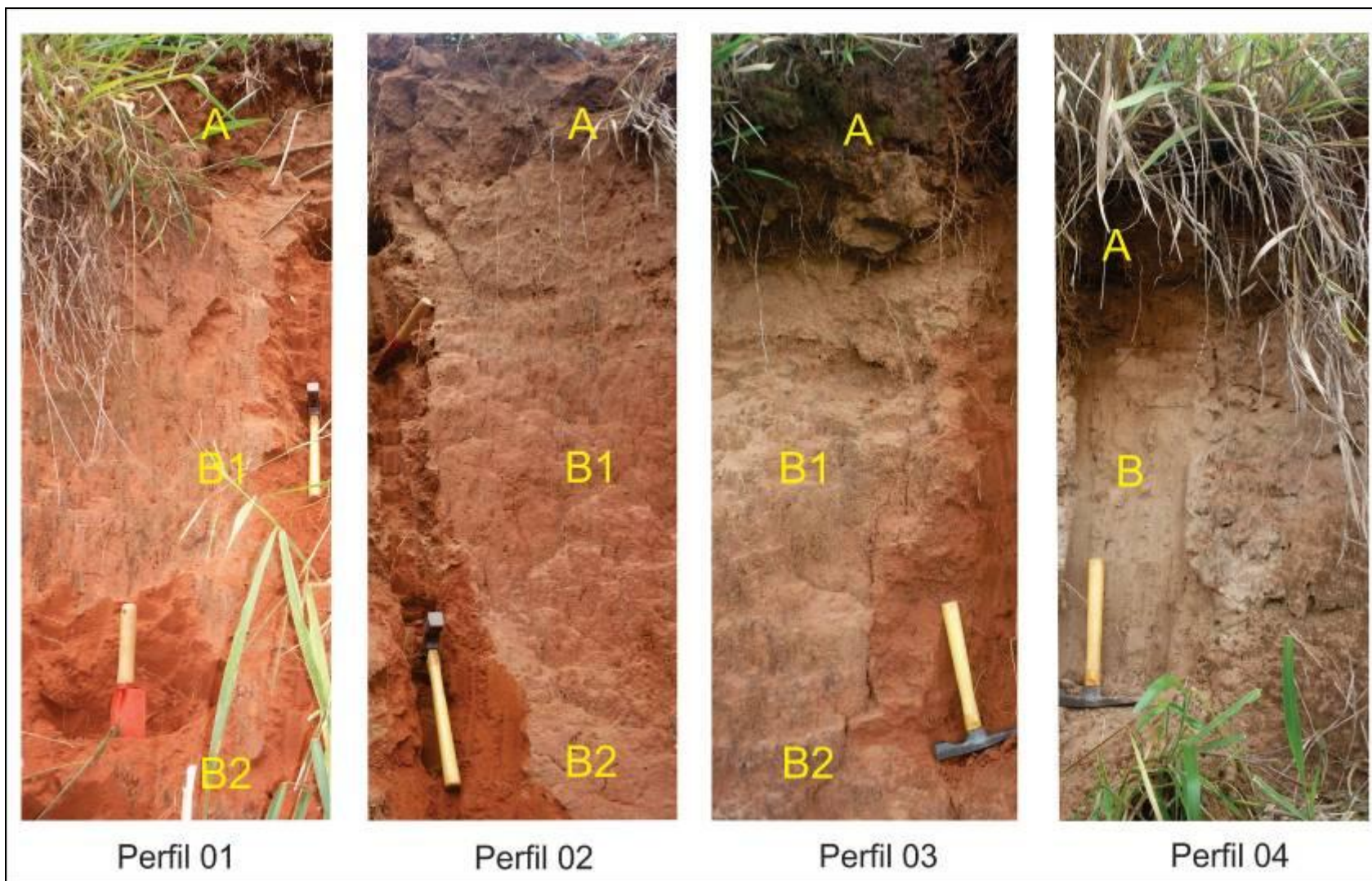


Adaptado de Francisco (2011).

A figura 40 mostra os perfis pedológicos e seus respectivos horizontes diagnósticos.

A tabela 01 apresenta as propriedades morfológicas dos horizontes pedológicos.

Figura 40 – Perfis pedológicos na área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito.



Fonte: Francisco (2011).

Tabela 01 – Descrição morfológica dos perfis pedológicos.

Características morfológicas	Perfil 01			Perfil 02			Perfil 03			Perfil 04	
	A	B ₁	B ₂	A	B ₁	B ₂	A	B ₁	B ₂	A	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	5YR/5/4	10R/8/1
Profundidade 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

Fonte: Francisco (2011).

Os perfis 01 e 02 apresentam aspectos em comum sendo, espessos em horizonte latossólico, transição de gradual a clara, porosidade alta e consistência de solta a macia. Esta homogeneidade presente no horizonte latossólico com a consistência solta pode agravar as condições para o desenvolvimento da erosão do tipo linear, incluindo o boçorocamento.

O perfil 03 apresenta transição abrupta entre os horizontes subjacentes, diminuição gradativa do volume de poros com o aumento da profundidade e consistência dura no horizonte B2. Estas características dos horizontes subjacentes no perfil 03 indicam uma tendência de dificuldade de infiltração pela diminuição do volume de poros e consequente perda de solo devida ação do escoamento superficial.

O perfil 04 apresenta aspecto de textura predominantemente arenosa com porosidade alta, estrutura granular e consistência muito solta, situação que pode indicar uma condição de hidromorfia do solo.

A tabela 02 mostra um aumento gradativo em profundidade da presença da fração argila nos perfis 01 e 02; um aumento significativo da presença de argila do horizonte A para o horizonte B1 no perfil 03; e o perfil 04 com mais de 90% de areia na composição textural nos dois horizontes identificados. Outro aspecto salientado é o decréscimo dos índices de condutividade hidráulica em comparação entre os perfis 02 e 03 para o perfil 04.

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

Perfil	Horizonte	Argila (g.kg ⁻¹)	Areia (g.kg ⁻¹)	Silte (g.kg ⁻¹)	Classe textural	Condutividade hidráulica (cm.s ⁻¹)
01	A	123,0	843,0	44,0	Areia franca	-
	B ₁	219,0	771,0	10,0	Franco argilo arenosa	0,0082
	B ₂	230,6	739,0	30,4	Franco arenosa	-
02	A	081,3	911,2	07,5	Areia franca	-
	B ₁	194,1	755,4	50,5	Franco argilo arenosa	0,0086
	B ₂	227,9	691,4	80,7	Franco arenosa	-
03	A	078,6	889,2	32,2	Areia franca	-
	B ₁	261,3	712,2	26,5	Franco argilo arenosa	0,0075
	B ₂	114,0	850,0	36,0	Areia franca	-
04	A	064,0	902,0	34,0	Arenosa	-
	B	058,0	913,0	29,0	Arenosa	0,0110

Fonte: Francisco (2011).

Nesta análise pode-se considerar que o horizonte de textura franco argilo-arenosa apresenta menor quantidade de poros e consequente menor tempo de saturação, situação que pode favorecer o desenvolvimento de ravinamentos em períodos de chuvas concentradas.

A partir dos dados de composição textural dos perfis pedológicos foi obtida a erodibilidade dos horizontes pedológicos em área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito, conforme apresenta os dados da tabela 03.

Tabela 03 – Erodibilidade dos horizontes pedológicos.

Perfil	Horizonte	Erodibilidade (Mg/ha/ano)
01	A	0,07211
	B ₁	0,03566
	B ₂	0,03337
02	A	0,11300
	B ₁	0,04152
	B ₂	0,03388
03	A	0,11722
	B ₁	0,02827
	B ₂	0,07772
04	A	0,14625
	B	0,16241

Elaboração: Francisco, A. B. (2016).

O horizonte A dos quatro perfis pedológicos apresentou uma erodibilidade média de 0,11214 Mg/ha/ano cuja classe textural identificada foi a areia franca. Nos perfis 01 e 02, os horizontes B1 e B2 apresentaram uma erodibilidade média de 0,03611 Mg/ha/ano. No caso do perfil 04, ao apresentar a classe textural arenosa, a erodibilidade média foi de 0,15433 Mg/ha/ano.

7.4 A erosividade das chuvas e os eventos do fenômeno ENOS

Ao considerar a chuva o principal agente erosivo neste item visa-se analisar o regime sazonal climático e o potencial erosivo das chuvas na região de Rancharia.

De acordo com Boin (2000, p. 22): “o clima do Oeste Paulista é do tipo tropical [...] presença de um período seco (inverno), sob a 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 1.500 mm”.

A partir de uma análise dos índices pluviométricos numa série histórica de um posto pluviométrico de Rancharia¹⁷, entre os anos de 1945 a 2003 constata-se uma pluviosidade média anual de aproximadamente 1.300 mm, com casos de anos de pluviosidades acumuladas acima de 1.500 mm¹⁸.

Em relação aos índices mensais, entre os meses de dezembro a março representam 52,6% dos totais de pluviosidade média anual. Outra constatação foi em relação a concentração de pluviosidade no mês de janeiro, cuja série histórica mostra que em sete anos¹⁹ ocorreu um total de pluviosidade superior a 400 mm mensais.

A partir de índices pluviométricos do posto do DAEE (D7-065) foram estimados os índices de erosividade da chuva para o município de Rancharia, sendo estes dados apresentados nas tabelas 13, 14 e 15 em apêndice. Para os anos chuvosos, a erosividade da chuva foi estimada em 9.088 MJ.mm/ha.h.ano. Em anos-padrão a erosividade da chuva foi estimada em 7.129 MJ.mm/ha.h.ano, e em anos secos a erosividade em Rancharia foi estimada em 5.665 MJ.mm/ha.h.ano.

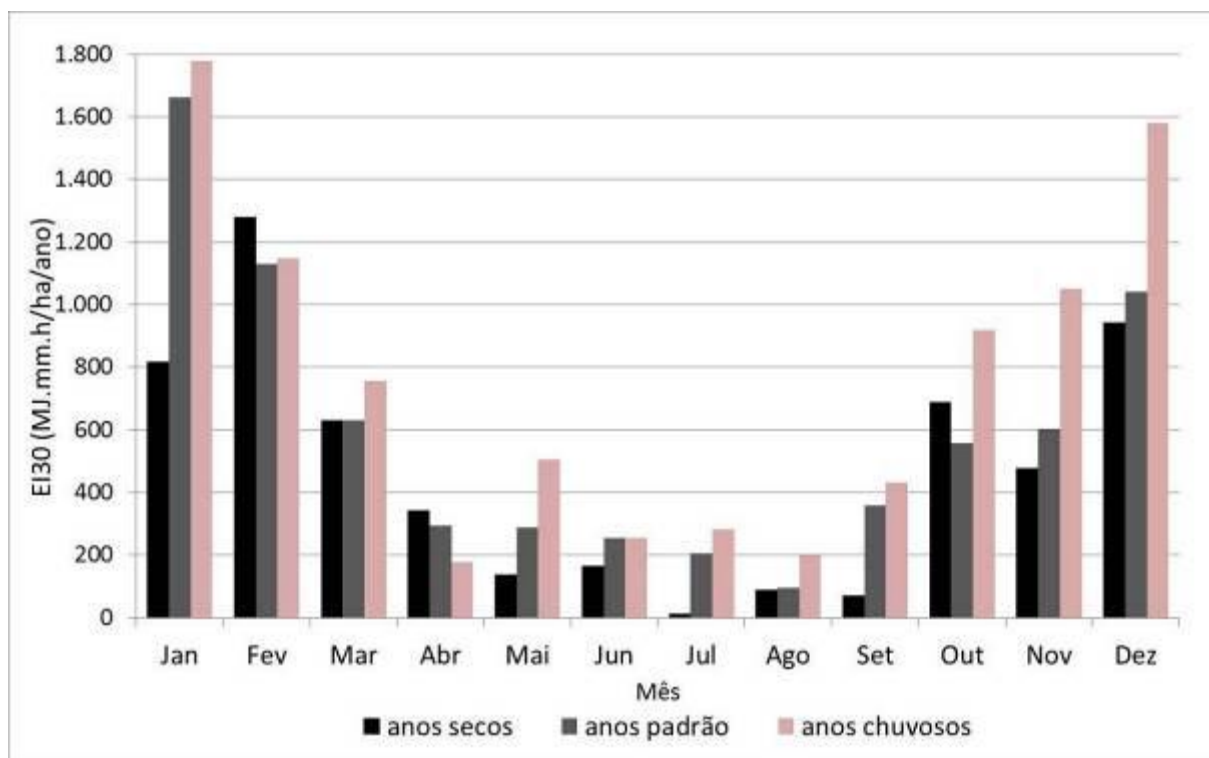
A figura 41 mostra que a erosividade da chuva para os meses de janeiro e dezembro ultrapassam 1.500 MJ.mm/ha.h nos anos chuvosos. Em relação aos anos-padrão, os índices de erosividade ultrapassam 1.000 MJ.mm/ha.h nos meses de fevereiro e dezembro.

¹⁷ Fonte dos dados: posto pluviométrico do DAEE (D7-036).

¹⁸ Corresponde aos anos de 1971, 1975, 1981, 1982, 1988, 1996 e 2003.

¹⁹ Corresponde aos anos de 1950, 1967, 1972, 1982, 1989, 1996 e 2003.

Figura 41 – Índices de erosividade dos anos chuvosos, anos-padrão e anos secos de Rancharia-SP.



Elaboração: Francisco, A.B.; Tommaselli, J.T.G. (2016).

A figura 41 apresenta algumas exceções como nos meses de fevereiro, abril e outubro quando os anos secos apresentam índices de erosividade maiores do que em anos-padrão. No caso do mês de fevereiro, apresenta-se como um mês chuvoso em anos secos e com erosividade que ultrapassa 1.200 MJ.mm/ha.h em anos secos.

Além do excedente hídrico constatado pela série histórica dos meses de verão (dezembro a março), pode-se considerar a intensidade da chuva na formação dos escoamentos superficiais captados pela macrodrenagem urbana.

A partir de índices pluviométricos horários identificados na estação meteorológica automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) do município de Rancharia, pode-se analisar períodos de chuvas concentradas em apenas 1 hora em relação aos totais pluviométricos diários, conforme mostra os dados da tabela 04.

Tabela 04 – Índices pluviométricos diários.

Dia	Maior índice pluviométrico em 01 hora (mm)	Índice pluviométrico diário (mm)
22/11/2009	44,6	93,2
23/01/2010	48,8	48,8
28/02/2011	36,6	58,0
25/01/2012	42,7	59,8
26/03/2013	31,2	47,2
12/01/2014	37,6	39,8
16/02/2015	36,4	69,8
17/11/2015	39,6	39,6

Fonte dos dados: Estação automática de Rancharia-SP (INMET).

No dia 22 de setembro de 2012 em seis horas choveu 33,0 mm, cujo evento chuvoso favoreceu o rompimento de galerias de águas pluviais instaladas na rodovia SP-284, localizada à jusante da boçoroca do Córrego do Grito, sendo estas obras de instalação das galerias estarem em execução na época. A figura 42 mostra os danos causados pelo evento chuvoso.

Figura 42 – Danos causados à infraestrutura rodoviária.



Fonte: TV Fronteira (2012).

O regime climático pode favorecer a concentração numa determinadas época do ano e as condições meteorológicas podem gerar a concentração de eventos chuvosos excepcionais em poucas horas ou até minutos. No entanto, o escoamento superficial torna-se concentrado e pode causar danos ao solo em decorrência da impermeabilização do solo urbano, principalmente em períodos de chuvas concentradas com vazões que superam a capacidade do sistema de drenagem urbana.

Além da análise da escala sazonal climática, deve-se considerar a importância da concentração de chuvas volumosas durante os eventos do fenômeno ENOS (Oscilação Sul). De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2016), os dois últimos eventos de El Niño de maior intensidade registrados ocorreram em 1997-1998 e 2015-2016. Como é mencionado no capítulo 04, ocorreram eventos de erosão remontante ocasionando condições de calamidade pública. No entanto, é importante considerar que as variações climáticas desencadeadas em escala global não são a causa do processo erosivo, mas sim a falta de planejamento urbano, pois estes eventos de chuvas volumosas são apenas uma “válvula de escape”.

7.5 O histórico de uso e ocupação da terra

O histórico de uso e ocupação da terra da microbacia do Córrego do Grito está relacionado às atividades agropecuárias e à expansão urbana no município de Rancharia.

A cidade de Rancharia foi fundada em 10 de setembro de 1916 com a inauguração da estação ferroviária da estrada de ferro Sorocabana. De acordo com Monbeig (1984), a ocupação da região e a integração ao mercado nacional ocorreram com a expansão da estrada de ferro no espigão divisor de águas das Bacias do Peixe e Paranapanema, a destruição das matas para abastecimento das locomotivas e o plantio do café. Neste contexto, entre as décadas de 1910 e 1960 as áreas foram desmatadas com aproveitamento das madeiras de valor comercial para a construção de casas e nos arredores do núcleo urbano de Rancharia foram estabelecidos inúmeros pés de café. Para Oliveira (1994, p. 155): “[...] é provável que entre 1916 e a crise de 1929, algumas plantações se limitassem às terras do espigão de Rancharia, ao longo da ferrovia e de alguns ramais, cujas cicatrizes podem ainda hoje ser vistas. Ao que parece, o café foi uma efêmera atividade agrícola na região”. Em síntese, Fonzar (1981, p. 51) afirma: “[...] havia uma padronização na ocupação dos espaços: nas partes mais altas (nos espigões), plantava-se o café e nos vales e terras baixas usavam-se

outras culturas e as pastagens. O algodão toma vulto em toda Sorocabana e por toda porção ocidental do Planalto”.

Nesse contexto, o avanço do desmatamento foi intenso entre as décadas de 1940 e 1950. Em 1940, o município de Rancharia possuía cerca de 52.570 ha de matas naturais (aproximadamente 33% da área municipal), sendo reduzidas a aproximadamente 13.000 ha em 1950, sendo aproximadamente 8,2% da área municipal (FONZAR, 1981).

O plantio do café ocorreu desde a década de 1920 e pôde ser identificado em fotos aéreas de 1962 (OLIVEIRA, 1994). As áreas de plantio de café, na década de 1960, na microbacia do Córrego do Grito eram de aproximadamente 100 ha, distribuídas por parte da área do bairro Jardim Universitário e a área degradada pelo boçorocamento estudado neste trabalho. Estas áreas de plantio de café, até a década de 1960, não possuíam práticas conservacionistas de plantio em terraços, e as ruas entre os talhões de café, ao apresentarem solos expostos, se tornavam corredores para os escoamentos das águas pluviais e consequentes ravinamentos.

Em relação à urbanização, nas fotos aéreas de 1962 eram perceptíveis nos bairros Vila Cantizani e Parque Maria Adelina, além de vários caminhos e estradas não pavimentadas nas periferias destes bairros. Nota-se a presença de uma estrada a partir do bairro Parque Maria Adelina em direção à cidade de Iepê²⁰, que possuía uma confluência com outra via não pavimentada ao sul do bairro Vila Cantizani e outros caminhos, onde hoje é a cabeceira da boçoroca do Córrego do Grito. Outro aspecto é a presença de uma estrada, que posteriormente deu origem à rodovia SP-284, que começava no Ribeirão Rancharia e terminava no Córrego do Grito. Neste contexto, estas estradas rurais contribuíram para o desenvolvimento de erosões lineares, cujas obras de pavimentação e implantação de sistemas de drenagem apenas ocorrem após a década de 1980.

Na década de 1970, constatado pela análise das fotos aéreas de 1972 e pelo mapa de uso da terra elaborado por Oliveira (1994), nota-se uma redução em mais de 90% das áreas de plantio de café e demais culturas perenes e uma ampliação das culturas temporárias e das áreas de pastagem. De acordo com Oliveira (1994, p. 169-170):

[...] as áreas das culturas permanentes, representadas pelo café, que predominavam no início do desenvolvimento agrícola, correspondiam, em 1962, a pouco mais de 10%, da área total da sub-bacia. E também sofreram redução nos anos seguintes, chegando a 3,6% em 1992. O mesmo ocorreu

²⁰ Posteriormente o ramal da estrada foi desativado e foi implantada a rodovia SP-457 “Brigadeiro Eduardo Gomes”.

com as culturas anuais, onde se incluía predominantemente o algodão. As áreas somadas dos dois tipos de culturas não atingem, hoje, sequer 5% da área total da sub-bacia.

As crises das culturas agrícolas, como a do café e do algodão, entre as décadas de 1970 e 1980, refletiram na redução das pequenas propriedades e implantação da pecuária extensiva em grandes propriedades. Esse foi o panorama das cabeceiras da microbacia do Ribeirão Rancharia e era perceptível nas fotos aéreas da época, a redução de cercas e divisas de glebas nas fotos aéreas, conforme apresenta Oliveira (1994, p. 170):

Esta evolução do uso do solo rural foi acompanhada por uma notável diminuição das cercas ou divisas de glebas. Em 1962, essas divisas somavam 46 km, destacando, na margem esquerda do ribeirão da Rancharia, a montante da confluência da Água da Lavadeira, um grande número de glebas estreitas de 50 a 100 ha, com larguras de 20 a 100 m. Em 1972, a soma dessas divisas foi reduzida para 37 km e, em 1984, para 20 km.

Em relação às mudanças no uso da terra na microbacia do Ribeirão Rancharia, de acordo com Oliveira (1994), nas cabeceiras do Ribeirão Rancharia a área de vegetação natural foi reduzida de 1,6 km² em 1962 para 0,1 km² em 1992, enquanto que a área urbana aumentou de 2,9 km² em 1962 para 5,1 km² em 1992.

A tabela 05 mostra as áreas das formas de cobertura da terra em 1962, 1984 e 2010 multiplicadas pelo índice de fator C da USLE na microbacia do Córrego do Grito.

Tabela 05 – Formas de cobertura da terra na microbacia do Córrego do Grito, Rancharia-SP em relação ao fator C.

Formas de cobertura (ha)	1962	1984	2010
Área degradada por erosões lineares	0,36	1,53	3,42
Área urbana de uso rural	51,93	58,09	96,24
Área urbanizada	59,34	94,18	176,35
Cultivo florestal	19,10	03,62	3,76
Cultura perene	146,94	04,32	0,00
Cultura temporária	95,52	146,38	26,01
Pastagem (com terraceamentos)	0,00	132,75	281,60
Pastagem (sem terraceamentos)	268,00	203,12	59,66
Vegetação nativa	15,95	13,15	10,10
Áreas x Fator C ²¹	1,335	1,558	1,245

Elaboração: Francisco, A.B. (2016).

O índice de área na microbacia em relação ao fator C foi mais elevado em 1984 em decorrência de uma área maior de cultura temporária, por possuírem condições de manejo com a permanência do solo exposto e suscetível ao impacto direto das chuvas.

A partir desta análise do processo de transformações nas formas de uso da terra na microbacia do Córrego do Grito, nota-se uma expansão das áreas de pastagem com uso de práticas conservacionistas e das áreas urbanizadas.

A figura 43 apresenta a carta de cobertura da terra da microbacia do Córrego do Grito, conforme dados do ano de 1962. Neste cenário de 1962, o uso da terra é marcado pela predominância de pastagem sem práticas conservacionistas e culturas perenes (café, principalmente). No plantio de café, a existência de espaços com solo exposto (“ruas”) favorecia o escoamento concentrado e consequente desenvolvimento de processos erosivos lineares nestes espaços.

A figura 44 apresenta a carta de cobertura da terra da microbacia do Córrego do Grito, conforme dados do ano de 1984. Na carta de 1984 nota-se uma predominância da

²¹ Os dados de cada classe de cobertura e os respectivos índices (fator C) estão presentes na tabela 23 em apêndice.

pastagem sem terraceamento e de culturas temporárias, mas ocorre a presença de pastagens com práticas conservacionistas. Apesar da introdução das práticas conservacionistas no manejo do solo, nas áreas de culturas temporárias ocorria erosão laminar com a presença de solo exposto na introdução das culturas.

A figura 45 apresenta a carta de cobertura da terra da microbacia do Córrego do Grito, conforme dados do ano de 2010. Neste cenário de 2010, nota-se a importância da área urbanizada no uso da terra da microbacia sendo relevante o impacto causado ao solo devido o escoamento superficial gerado pela área impermeabilizada. Apesar da perda de solo não ocorrer diretamente na área urbanizada devida cobertura das áreas construídas e das vias públicas, a perda de solo é significativa nas áreas periféricas.

Figura 43 – Carta de cobertura da terra da microbacia do Córrego do Grito (1962).

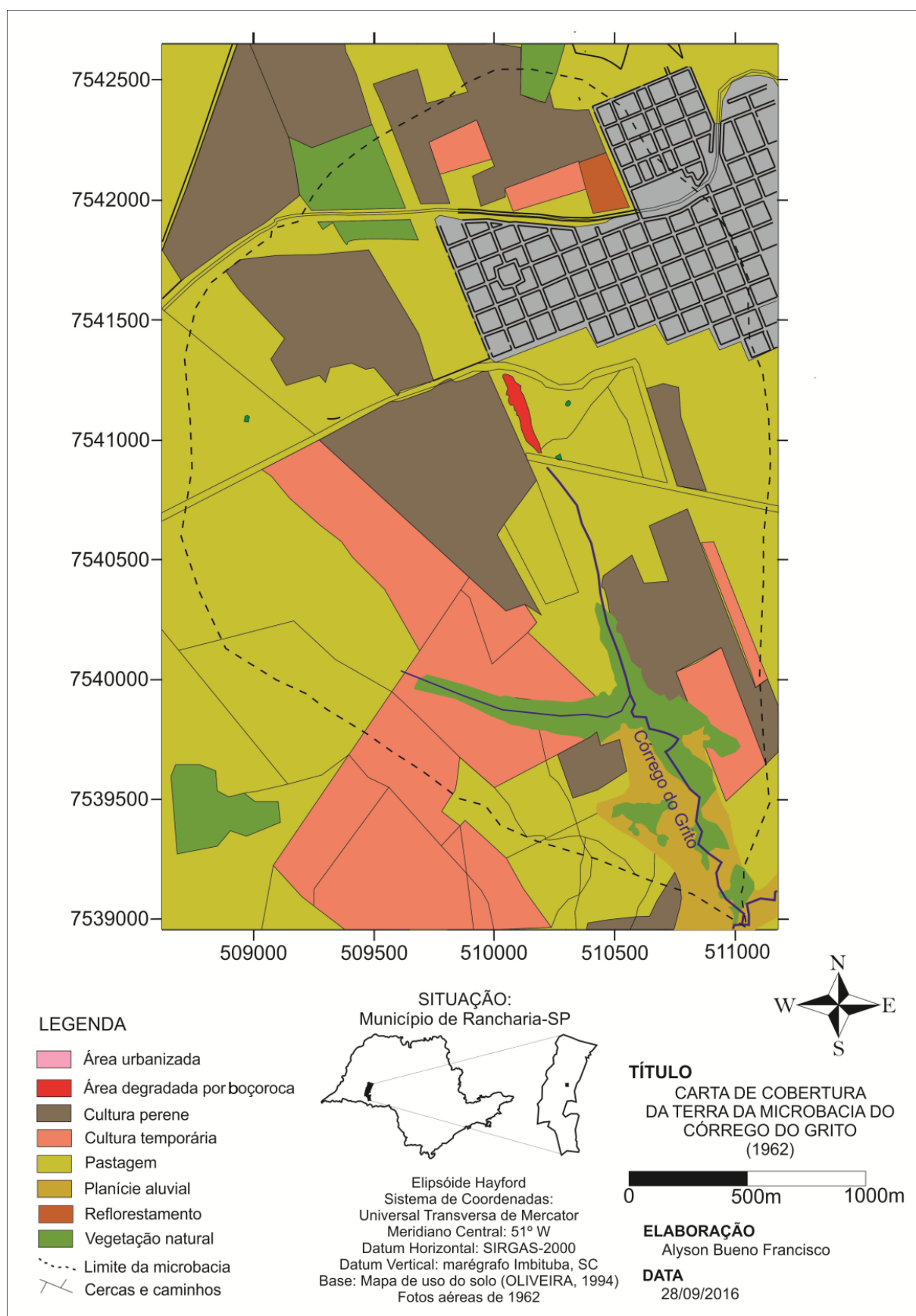


Figura 44 – Carta de cobertura da terra da microbacia do Córrego do Grito (1984).

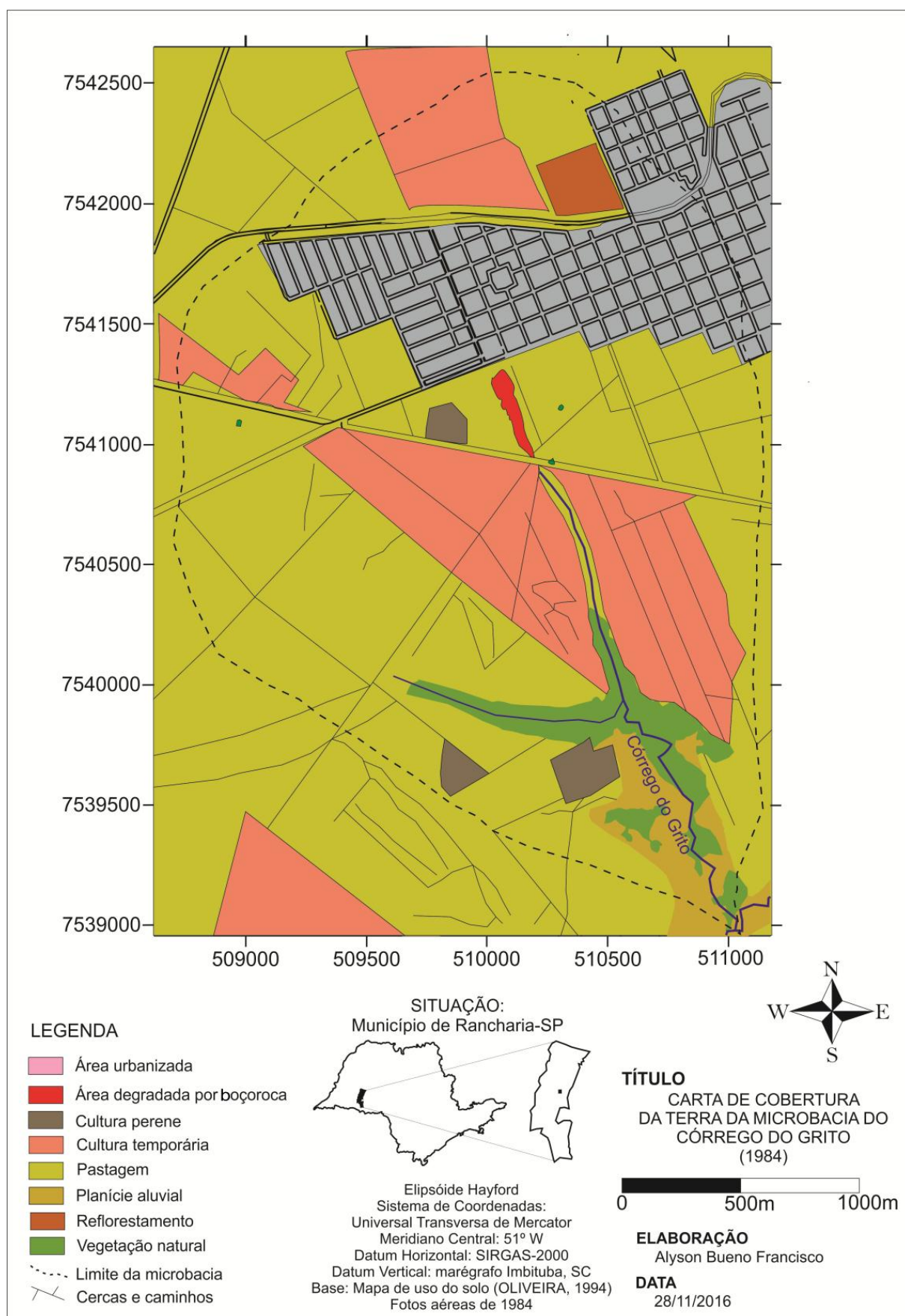
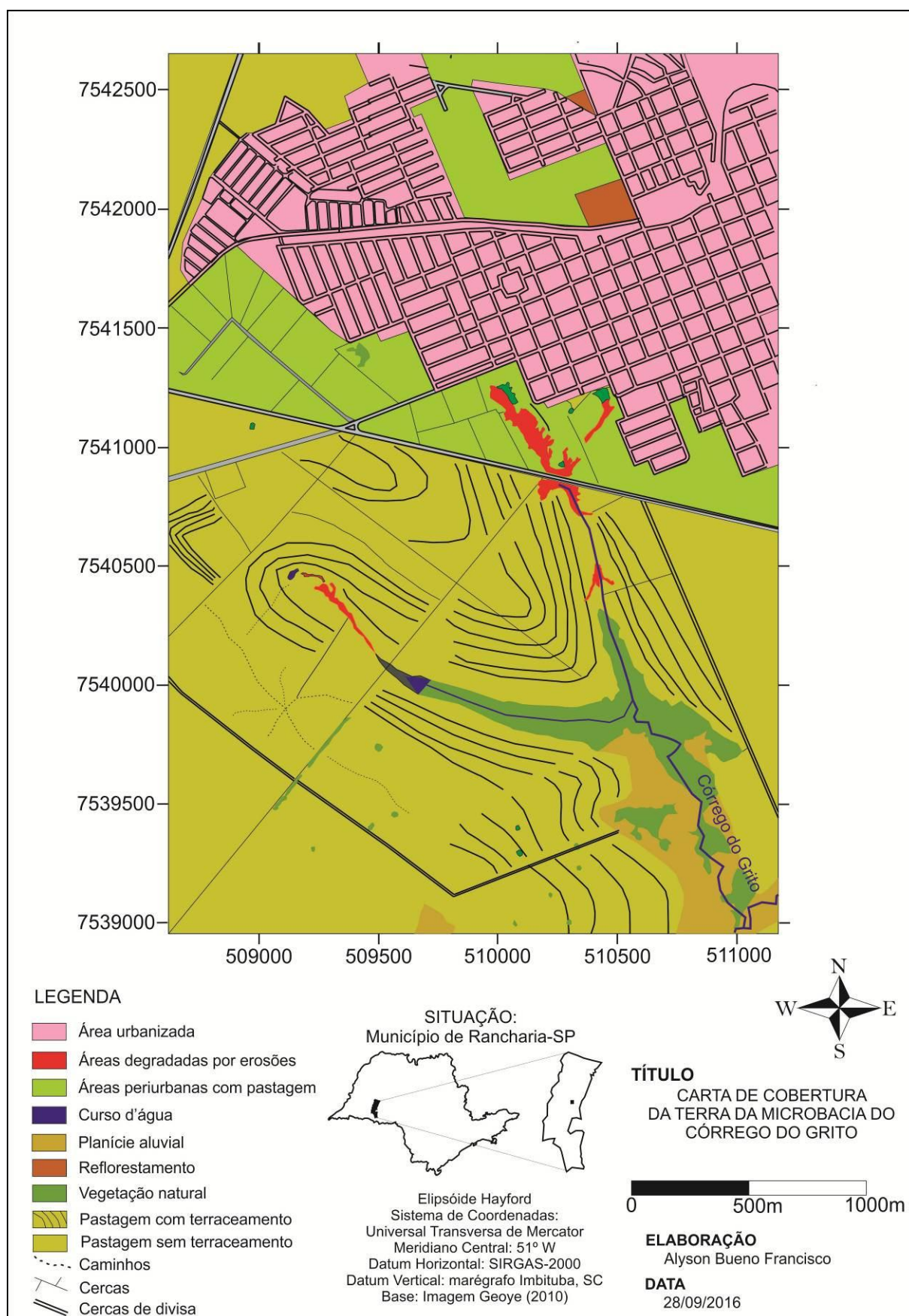


Figura 45 – Carta de cobertura da terra da microbacia do Córrego do Grito (2010).



As mudanças na forma de uso e ocupação da terra refletem diretamente na dinâmica dos processos erosivos. No campo, a introdução das práticas conservacionistas contribuiu para a redução do número de ravinas e boçorocas, e no caso da microbacia do Córrego do Grito nota-se a manutenção das áreas de mata nativa. Na cidade, em contrapartida, a expansão da área urbanizada favoreceu o desenvolvimento da erosão urbana, principalmente durante as décadas de 1980 e 1990, evidenciado pelo desenvolvimento da erosão remontante na boçoroca do Córrego do Grito.

Atualmente a existência do sistema de macrodrenagem urbana e a implantação de área de preservação permanente na área degradada pela boçoroca contribuem para o controle da erosão urbana.

7.6 A expansão da urbanização e a drenagem urbana

O aumento populacional urbano entre as décadas de 1960 e 1970 estimulou a abertura de loteamentos urbanos e conseqüentemente favoreceu o aumento de áreas impermeabilizadas nas microbacias urbanas.

Em relação à microbacia do Córrego do Grito, até a década de 1970 existiam os bairros urbanizados Vila Cantizani e Parque Maria Adelina, ambos com uma área total de 59,34 ha. Em 1979 foi aprovada a abertura do maior loteamento urbano da porção oeste da cidade de Rancharia, o bairro Jardim Universitário, com uma área de 34,84 ha. A área urbanizada da porção oeste da cidade de Rancharia aumentou 37%, sendo que mais de 60% das vias públicas do bairro Jardim Universitário tinham sido pavimentadas até o final da década de 1980.

O bairro Jardim Regina, resultado de um arruamento do bairro Parque Maria Adelina foi implantado por volta de 1985, com uma gleba de aproximadamente 05,16 ha, cuja morfologia das vias em forma reticular presente nos bairros antigos foi mantida. Ao sul do bairro Jardim Regina existe uma área no perímetro urbano que apresenta uma proximidade com a principal via de circulação da cidade, a Avenida Dom Pedro II e a rodovia SP-284, situação que favorece a valorização das glebas e apresenta forte tendência para a implantação de loteamentos urbanos, sendo justamente nessa área onde se encontra a boçoroca do Córrego do Grito.

Apesar de estarem localizadas próximas ao centro da cidade, as vias do bairro Jardim Regina foram pavimentadas mais de 20 anos após a abertura do loteamento (por volta de 2005).

Em 1991 a área urbana na microbacia do Córrego do Grito aumentou para 130 ha, com a implantação dos bairros Jardim Europa I, Jardim Paraíso e Jardim Europa II. Estes bairros implantados estão localizados ao norte da estrada de ferro, numa área com predomínio de topos de colinas de baixa declividade.

A partir de 2005 foi implantado o loteamento Residencial São Bernardo, com uma gleba de 09,20 ha numa área próxima a uma ravina com mais de 180 m de comprimento e num terreno com declividade média de 8° e com alguns trechos próximos da rodovia SP-284 com declividades acima dos 10°.

Em 2007 foram aprovados conjuntos habitacionais da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU), numa área de aproximadamente 26,82 ha, distribuída pelas microbacias do Córrego do Grito e do Ribeirão do Saltinho, mas com as águas pluviais captadas e direcionadas para o sistema de macrodrenagem da microbacia do Córrego do Grito.

A tabela 06 mostra a área de cada loteamento e a respectiva data de aprovação dos bairros localizados na microbacia do Córrego do Grito.

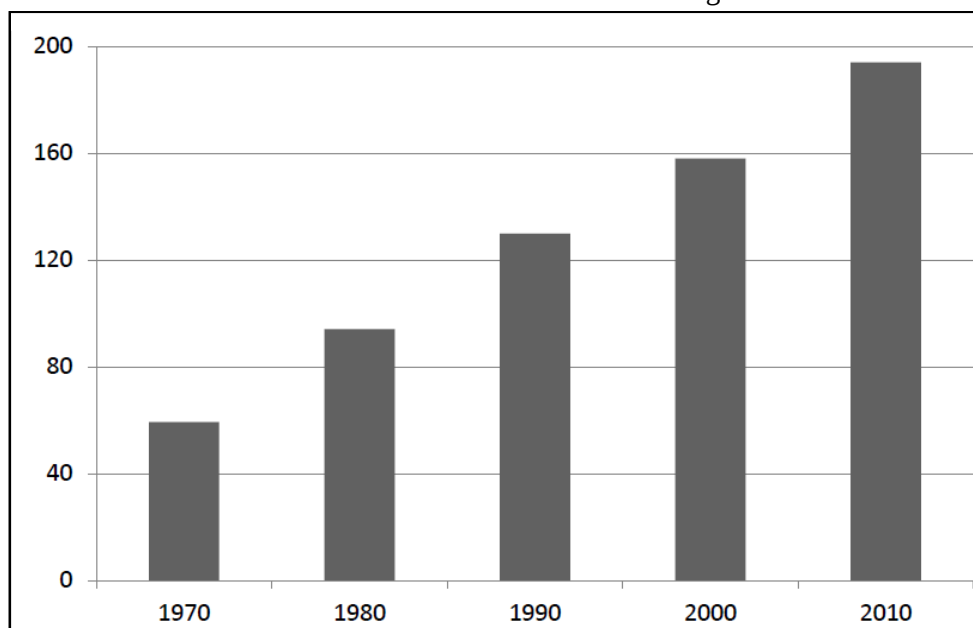
Tabela 06 – Loteamentos urbanos da parte oeste da cidade de Rancharia-SP.

Loteamento	Área da gleba (m²)	Data de aprovação
Jardim Universitário	348.415,04	26/09/1979
Jardim Europa I	153.201,06	30/10/1986
Jardim Regina	51.626,00	não informada
Jardim Europa II	73.139,00	29/08/1991
Jardim Paraíso	80.114,34	25/09/1991
Jardim Nova Europa	159.000,00	05/10/1997
Parque dos Pioneiros	121.476,00	14/11/2000
Residencial São Bernardo	92.001,00	10/01/2005
Conjuntos habitacionais		
Altino Lins e Paulo Paulozzi	268.166,00	22/07/2007

Fonte dos dados: Prefeitura do Município de Rancharia-SP (2014).

A figura 46 destaca o aumento da área urbanizada na microbacia do Córrego do Grito nas últimas quatro décadas.

Figura 46 – Evolução das áreas urbanizadas (em hectares) entre os anos de 1970 e 2010 na microbacia do Córrego do Grito.



Elaboração: Francisco, A. B. (2015).

Além do aumento das áreas de loteamentos urbanos, a partir da década de 1990 notou-se um adensamento dos bairros Parque Maria Adelina, Jardim Regina e Jardim Universitário em virtude da proximidade com o principal eixo comercial da cidade de Rancharia, a Avenida Dom Pedro II.

Esse adensamento urbano foi acompanhado por um processo de crescente impermeabilização do solo, principalmente nas residências, pois até a década de 1980 eram comuns casas de madeira e lotes com quintais com árvores e solos expostos e as cercas de madeiras nas divisas dos lotes. Após a década de 1990 nota-se, conforme depoimentos de moradores dos bairros Parque Maria Adelina e Vila Cantizani, um aumento da impermeabilização dos lotes com substituição das casas de madeira por alvenaria e quase total calçamento dos quintais. A figura 47 mostra um exemplo de um lote urbano na Avenida Dom Pedro II, no bairro Parque Maria Adelina, com presença de árvores e casa de madeira, mas em contrapartida na mesma foto ocorre a existência de um estabelecimento comercial com a quase totalidade do lote com área construída e impermeabilizada.

Figura 47 - Lote comercial e lote residencial no bairro Parque Maria Adelina, Rancharia-SP.



Fonte: Google Street View (2014).

Em relação às condições da pavimentação das vias urbanas e o sistema de microdrenagem urbana, depoimentos de antigos moradores consideram que as primeiras vias pavimentadas na cidade de Rancharia surgiram após a década de 1960. Conforme apresenta o depoimento do Sr. Xavier Araújo Conceição (apud OLIVEIRA, 1994, p. 163): “[...] naquele tempo (anos 1950), não tinha estrada boa. Era buraqueira demais. Aqui na cidade não tinha asfalto, era tudo rua de chão... No meio da cidade tinha muito lugar que não podia passar, porque os buracos eram muito grandes”. Oliveira (1994) afirma sobre a inexistência de vias pavimentadas nos bairros urbanos da microbacia do Córrego do Grito pela análise de fotos aéreas de 1962.

Este processo de abertura de vias e implantação de lotes urbanos, principalmente entre os anos 1960 e 1970, para posterior implantação da infraestrutura com os equipamentos de drenagem urbana, provocou a atenuação dos volumes concentrados dos escoamentos superficiais das águas pluviais e consequente atenuação dos processos erosivos.

Na década de 1970, a implantação dos primeiros equipamentos urbanos para distribuição de água potável, rede de coleta do esgoto doméstico, pavimentação das vias urbanas e implantação do sistema de microdrenagem, acompanhou a chamada Fase Higienista de gestão das águas urbanas. Este processo foi implantado concretamente em grande parte das cidades paulistas da porção oeste do Estado de São Paulo, entre as décadas de 1970 e 1980. A partir da década de 1980 foi estabelecida a Fase Corretiva, que visava corrigir os impactos

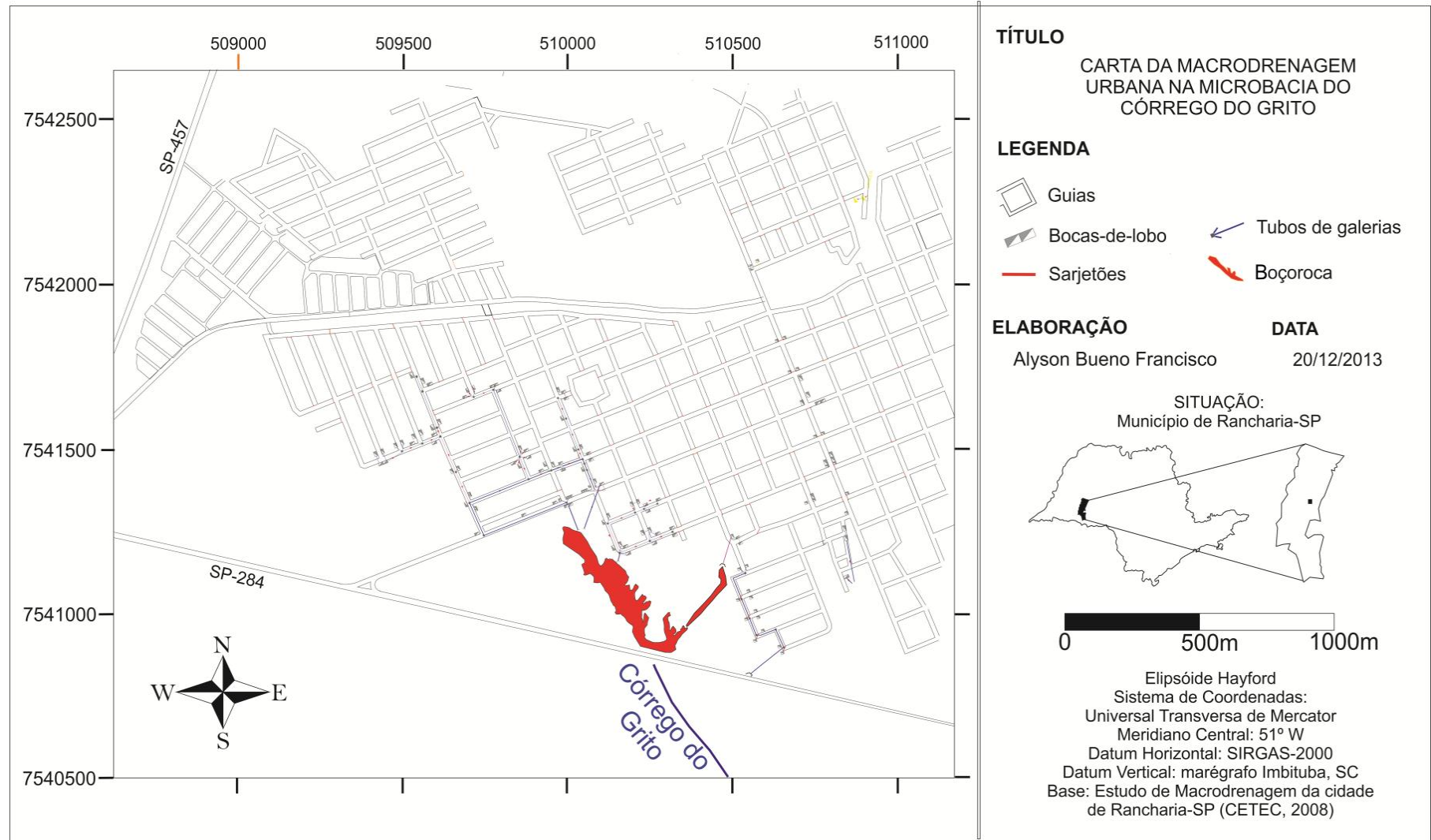
causados pelos escoamentos superficiais concentrados provenientes das áreas urbanizadas (TUCCI, 2008).

No final da década de 1980, o Estado de São Paulo implantou uma política de combate às erosões lineares, e os órgãos estaduais como o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado (IPT) e o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE) realizaram levantamentos e mapeamentos das feições erosivas, priorizando as áreas das Bacias Hidrográficas do Paranapanema e do Peixe. Em 1997, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT) apresentou um parecer técnico, sobre as erosões urbanas na cidade de Rancharia, 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 foi referência para os projetos de macrodrenagem urbana que foram implantados na microbacia do Córrego do Grito.

Além do apoio técnico e científico fornecidos às prefeituras municipais pelo IPT e DAEE, o governo estadual fornece recursos do Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) para os projetos de macrodrenagem urbana e controle da erosão urbana.

Em 1998, a fim de amenizar os impactos da erosão remontante na cabeceira da boçoroca do Córrego do Grito, a Prefeitura de Rancharia implantou um projeto de controle da erosão urbana com a instalação de um sistema de macrodrenagem para captação das águas pluviais e transporte até o canal de escoamento da boçoroca, com a implantação de dissipadores de energia a jusante das galerias de águas pluviais. De acordo com o relatório técnico intitulado “Estudo de Macrodrenagem da cidade de Rancharia-SP” apresentado em 2008, estas galerias possuíam dois tubos de concreto de 14 m de comprimento e 1,5 m de diâmetro e tinham uma bacia de contribuição com uma área de 173 hectares. Estes sistemas de macrodrenagem urbana na microbacia do Córrego do Grito garante o direcionamento das águas pluviais para a boçoroca através de quatro galerias conforme mostra o mapa da figura 48.

Figura 48 - Carta de macrodrenagem urbana da microbacia do Córrego do Grito, Rancharia-SP.



A figura 49 apresenta uma galeria do sistema de macrodrenagem urbana, readequada por volta de 2009, que, de acordo com o Estudo de Macrodrenagem da cidade de Rancharia (2008), possui tubos de concreto de 9,4 m de comprimento e diâmetro de 1,2 m, com a finalidade de receber o escoamento dos conjuntos habitacionais Altino Lins e Paulo Paulozzi. Nota-se a presença de solo exposto e formação de sulcos erosivos, meses após a execução da obra.

Figura 49 - Galerias de águas pluviais implantadas em sistema de macrodrenagem urbana na congruência das ruas Cândido de Freitas e Mário César de Camargo no bairro Jardim Regina.



Foto: Francisco, A. B. Data: 30/06/2011

A partir da década de 2000 os problemas gerados pelas erosões urbanas deixaram de ser discutidos pontualmente e passaram a fazer parte das pautas nos Comitês de Bacias Hidrográficas e os recursos destinados para o controle da erosão urbana passaram a estar vinculados aos Programas de Duração Continuada. Entretanto, ainda existe uma necessidade do disciplinamento do uso do solo urbano principalmente nas áreas de expansão urbana e de diretrizes a fim de diminuir os gastos com a recuperação das erosões urbanas e conservar os recursos hídricos.

A expansão do setor jusante da boçoroca do Córrego do Grito representa risco à estabilidade do solo nas margens da rodovia SP-284 situação esta mostrada pela figura 50.

Figura 50 - Galeria implantada em área de colapso de solo nas margens da rodovia SP-284 (km 518).



Foto: Francisco, A. B. (jul. 2007).

Para garantir a estabilidade do solo nas margens da rodovia SP-284, em 2012 foram implantados mostra os túneis de passagem e os muros de gabião para o escoamento das águas pluviais provenientes do canal da boçoroca do Córrego do Grito, como mostra a figura 51.

Figura 51 - Túneis de concreto e muros de gabião implantados abaixo da rodovia SP-284 (km 518).



Foto: Francisco, A. B. (jul. 2013).

Apesar da implantação dos sistemas de microdrenagem e macrodrenagem urbana para o direcionamento adequado das águas pluviais para o curso d'água receptor, condição esta que amenizou os impactos causados pela erosão urbana, nota-se a ausência de uma prática efetiva de educação ambiental e falta de manutenção das bocas-de-lobo. O acúmulo de resíduos sólidos transportados pelas águas pluviais, além de ser uma fonte de contaminação dos recursos hídricos, pode comprometer as estruturas de microdrenagem urbana.

As figuras 52a e 52b mostram as estruturas de microdrenagem urbana no bairro Jardim Universitário com ausência de grade de proteção, o acúmulo de resíduos sólidos e as estruturas de pequenas entradas em comparação à vazão recebida em períodos de chuvas concentradas.

Figura 52a e 52b - Condições da microdrenagem urbana na Av. Dom Pedro II, Rancharia-SP.



Fotos: Francisco, A. B. (nov. 2013).

Apesar dos sistemas de macrodrenagem e microdrenagem garantirem o escoamento das águas pluviais e evitarem o desenvolvimento da erosão remontante, a expansão da urbanização estabeleceu as alterações no uso e ocupação da terra garantiu o aumento da vazão proveniente das águas pluviais. A gestão das águas urbanas deve considerar não apenas a implantação dos sistemas de drenagem urbana, mas também é necessário considerar o planejamento de uso e ocupação do solo para favorecer a diminuição dos impactos causados pelos escoamentos das águas pluviais.

CAPÍTULO 04

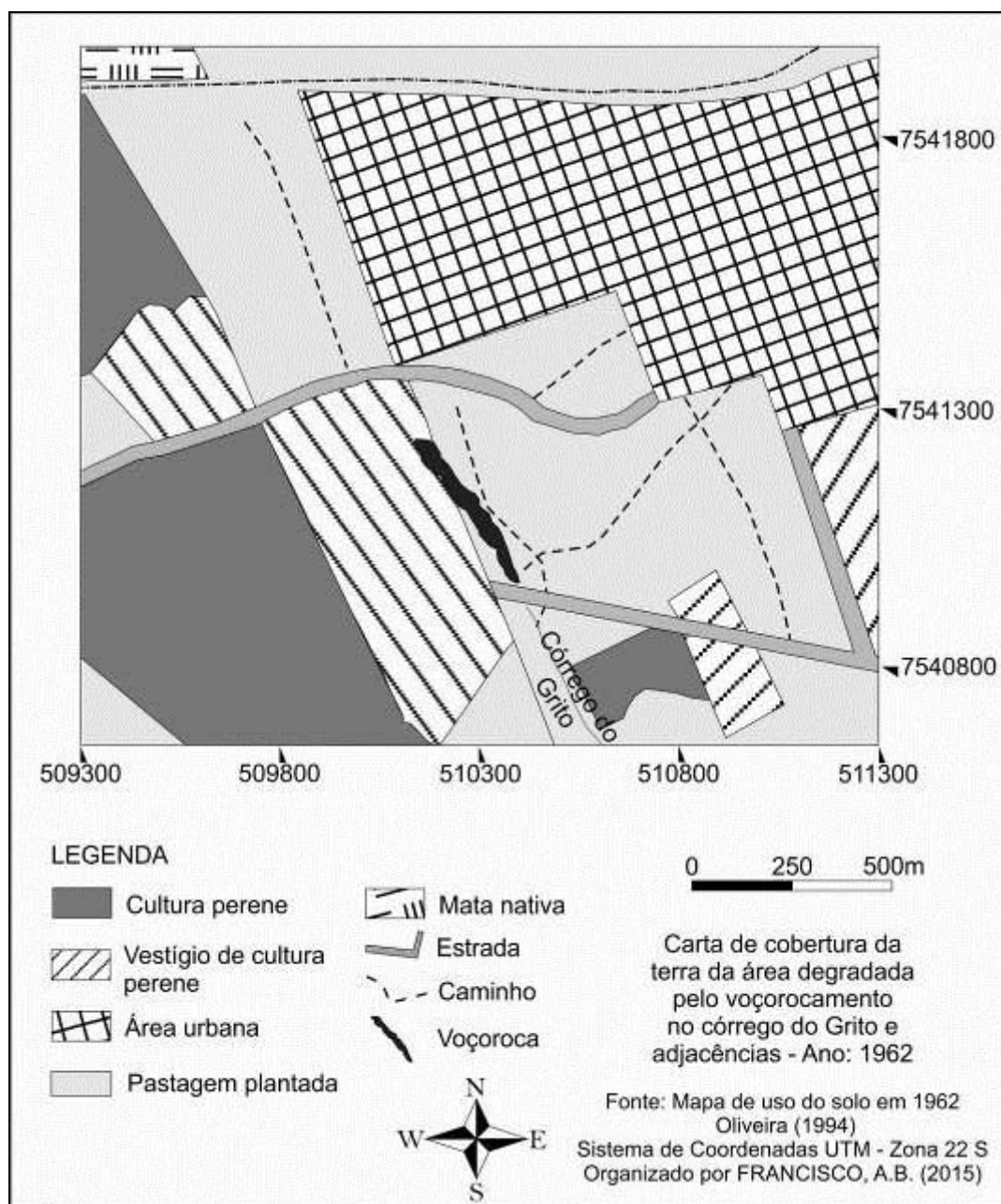
O DESENVOLVIMENTO DA BOÇOROCA DO CÓRREGO DO GRITO

8.1 O surgimento da boçoroca e seu desenvolvimento nas últimas cinco décadas

A partir da década de 1940, esta área passou por mudanças no uso da terra com desmatamento e plantio de café, com posterior surgimento e ampliação da área urbana nas décadas de 1950 e 1960 na porção nordeste desta área, além da abertura de vários caminhos e vias públicas não-pavimentadas nas proximidades. Em 1962, conforme análise de fotos aéreas, nas proximidades da área degradada pelo boçorocamento da cabeceira do córrego do Grito, existia a área urbana do bairro Parque Maria Adelina com vias não-pavimentadas e caminhos que convergiam e passavam pela atual área degradada pelo boçorocamento e plantios de culturas perenes (café, principalmente) sem práticas conservacionistas do solo, desde a área da cabeceira da boçoroca até a linha férrea passando pela área do atual bairro Jardim Universitário.

A figura 53 mostra a distribuição das classes de cobertura da terra nas áreas adjacentes da boçoroca do córrego do Grito em 1962.

Figura 53 – Carta de cobertura da terra das áreas adjacentes à boçoroca do córrego do Grito.



A partir da década de 1970, o adensamento urbano com a pavimentação das vias públicas e implantação da microdrenagem provocou um acréscimo do escoamento superficial, principalmente a partir de 1979 com a implantação do bairro Jardim Universitário (34,84 ha). A ausência da implantação da macrodrenagem urbana para garantir o direcionamento das águas pluviais para o curso d'água receptor induziu o desenvolvimento da erosão remontante da boçoroca do córrego do Grito. Para Oliveira (1994, p. 174):

As boçorocas do córrego do Grito e da Água da Vila Tereza também mantiveram-se aparentemente estáveis de 1962 a 1972. 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 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.

A partir da análise das fotos aéreas foi possível constatar que no período entre 1984 a 1991 ocorreu a maior expansão da área da boçoroca (1.790 m²). Em 1991, a boçoroca possuía uma área de 11.340 m², sendo que sua cabeceira estava localizada há menos de 25 m de distância da Avenida Dom Pedro II, uma das principais vias da cidade, cuja cabeceira chegou a possuir cerca de 70 m de largura. A figura 54 mostra a cabeceira da boçoroca com a presença de resíduos sólidos e entulhos depositados na área degradada.

Figura 54 – Depósito de resíduos sólidos e boçoroca do córrego do Grito.



Foto: Prefeitura do Município de Rancharia-SP (1998).

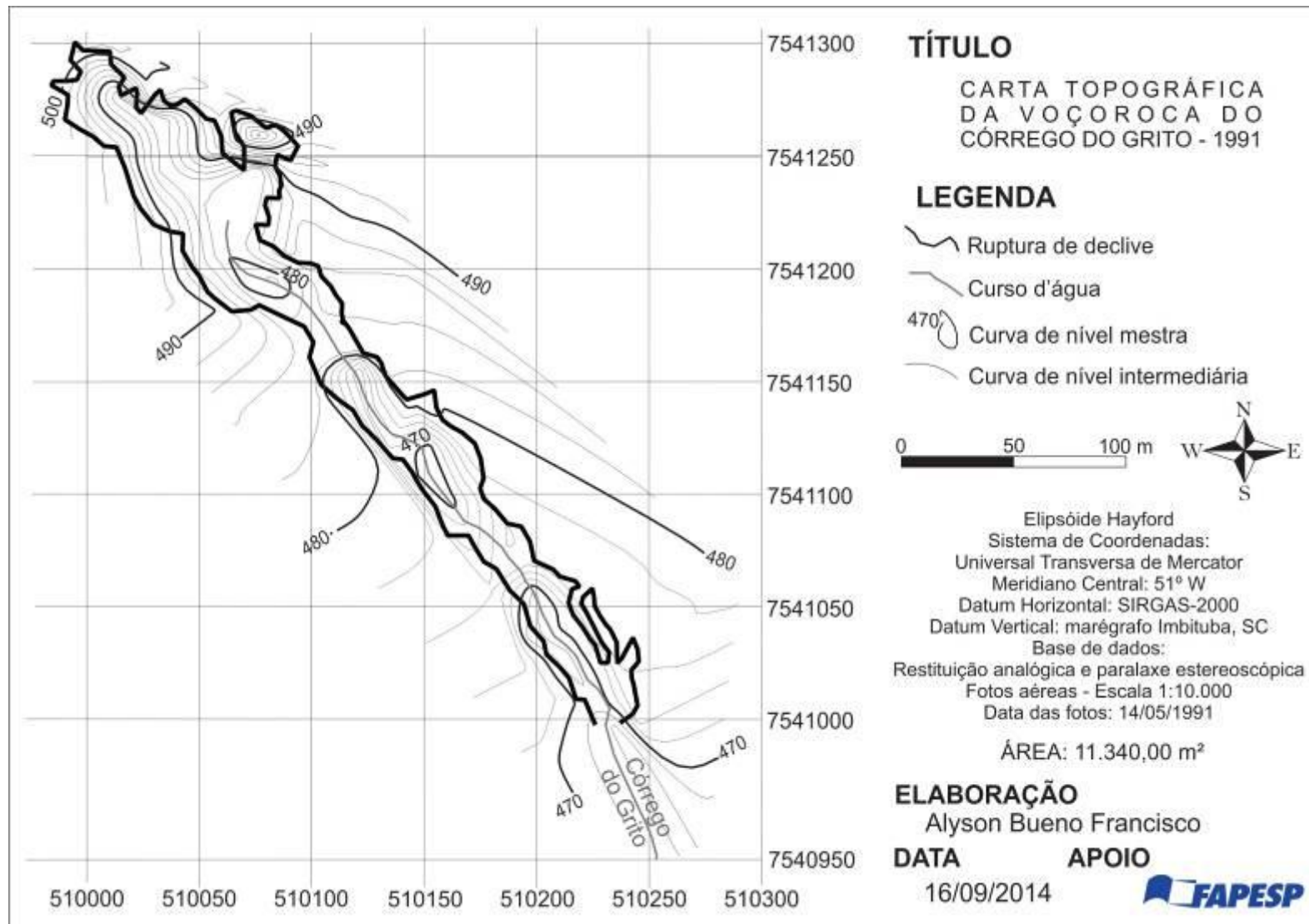
A figura 55 mostra a boçoroca na foto aérea de 1991 destacando a maior largura na cabeceira resultante da erosão remontante desenvolvida entre as décadas de 1980 e início da década de 1990.

Figura 55 – Foto aérea da boçoroca do córrego do Grito (1991).



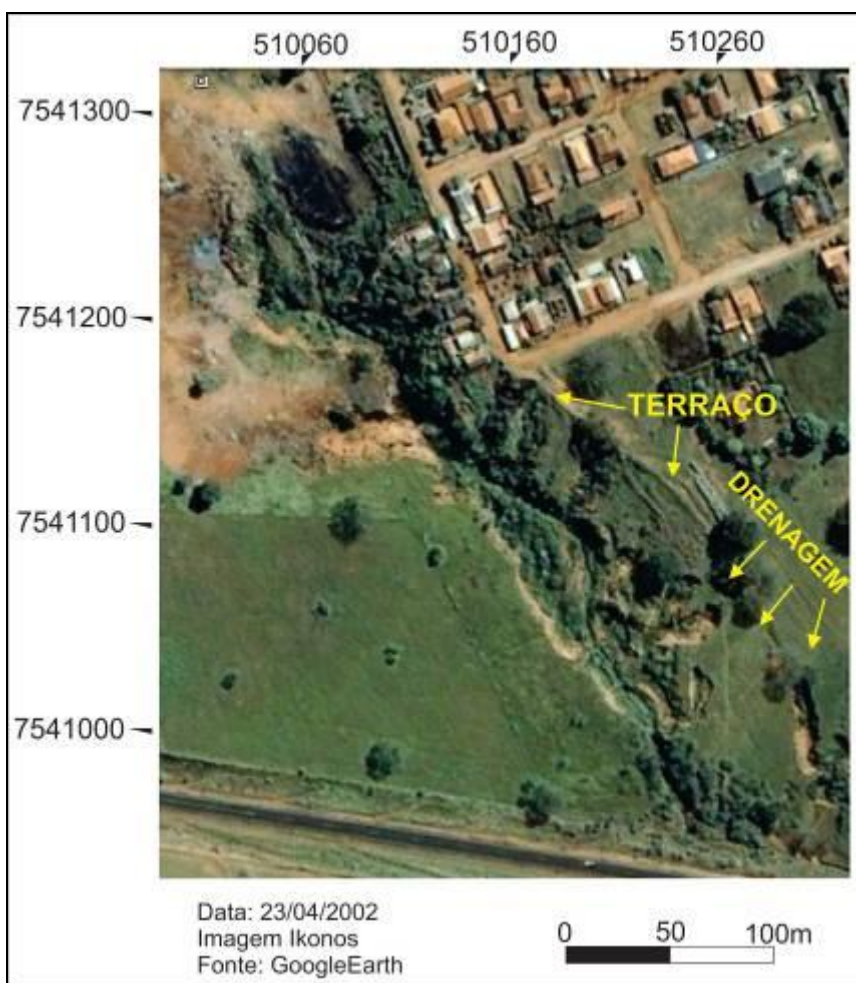
A figura 56 mostra a carta topográfica elaborada a partir da foto aérea de 1991.

Figura 56 – Carta topográfica da boçoroca do córrego do Grito em 1991.



Entre 1991 e 2002, a boçoroca do Córrego do Grito teve um acréscimo de 4.460 m² em área, sendo notada uma ampliação da largura da boçoroca e o surgimento de ravinas na margem esquerda da boçoroca. Isto pode ter sido ocasionado pela implantação inadequada de um terraço em curva de nível na margem esquerda da boçoroca, com a ausência de bacia de captação, situação que favorece a concentração de escoamentos superficiais e consequente desenvolvimento de ravinas, como apresenta a imagem da figura 57.

Figura 57 – Boçoroca do Córrego do Grito em 2002.



Elaboração: Francisco, A. B. (2015).

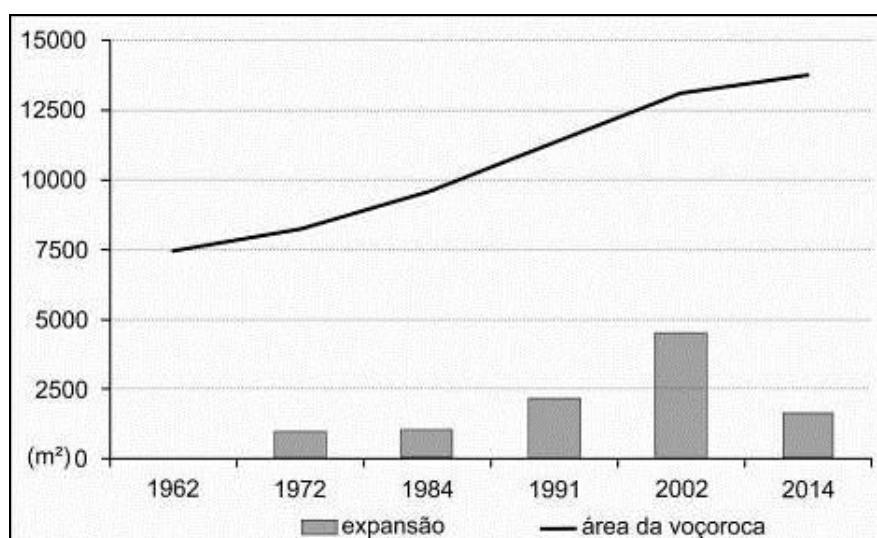
Em síntese, a tabela 07 e a figura 58 mostram a evolução em área da boçoroca do Córrego do Grito.

Tabela 07 – Áreas da boçoroca entre 1962 e 2014.

Período	Área (m ²)	Área aterrada (m ²)/período	Área ampliada (m ²)/período	Área média (m ²) ampliada / ano
1962	07.500	-	-	-
1962-1972	08.240	-	740	074,00
1972-1984	09.050	-	810	109,17
1984-1991	11.340	-	2.290	327,14
1991-2002	13.100	2.700	4.460	405,45
2002-2014	13.800	1.000	1.700	141,67

Elaboração: Francisco, A. B. (2015).

Figura 58 – Expansão da área da boçoroca entre 1962 a 2014.



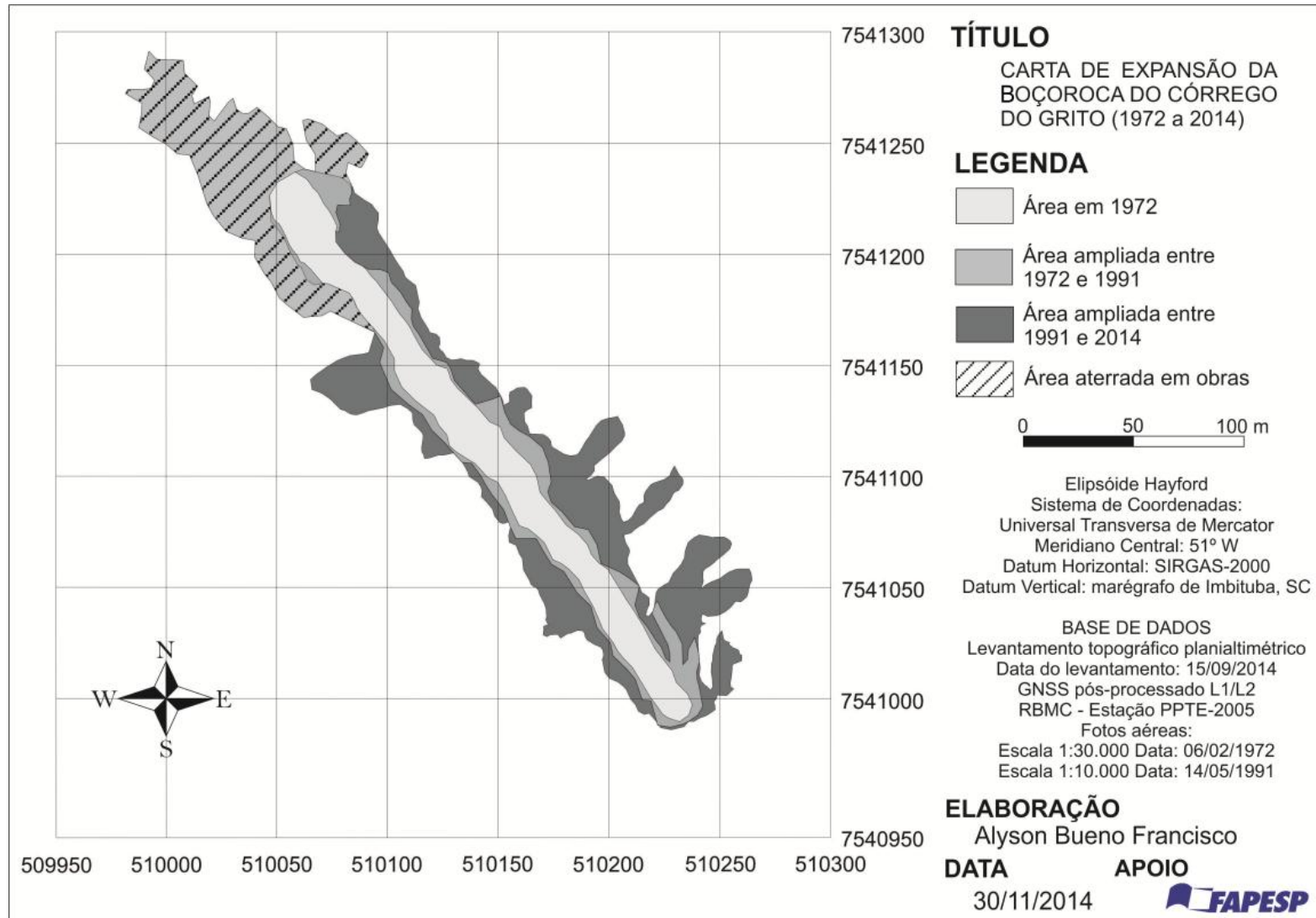
Elaboração: Francisco, A. B. (2015).

Entre 1984 e 1991 a expansão da boçoroca foi decorrente da erosão remontante que ameaçou a estabilidade do solo próximo de moradias do bairro Jardim Regina.

Entre 1991 e 2002, apesar da área absoluta ter ampliação de 1.760 m², a ampliação real foi de 4.460 m² (média de 405,45 m²/ano), pois no mesmo período uma área de aproximadamente 2.700 m² foi aterrada com a implantação das obras de controle da erosão urbana. Esta maior fase de expansão da boçoroca está relacionada ao desenvolvimento das ravinas na margem esquerda, sendo notável a continuação deste processo no período entre 2002 e 2014 com uma ampliação de 1.700 m² considerando uma área aterrada de aproximadamente 1.000 m² neste período.

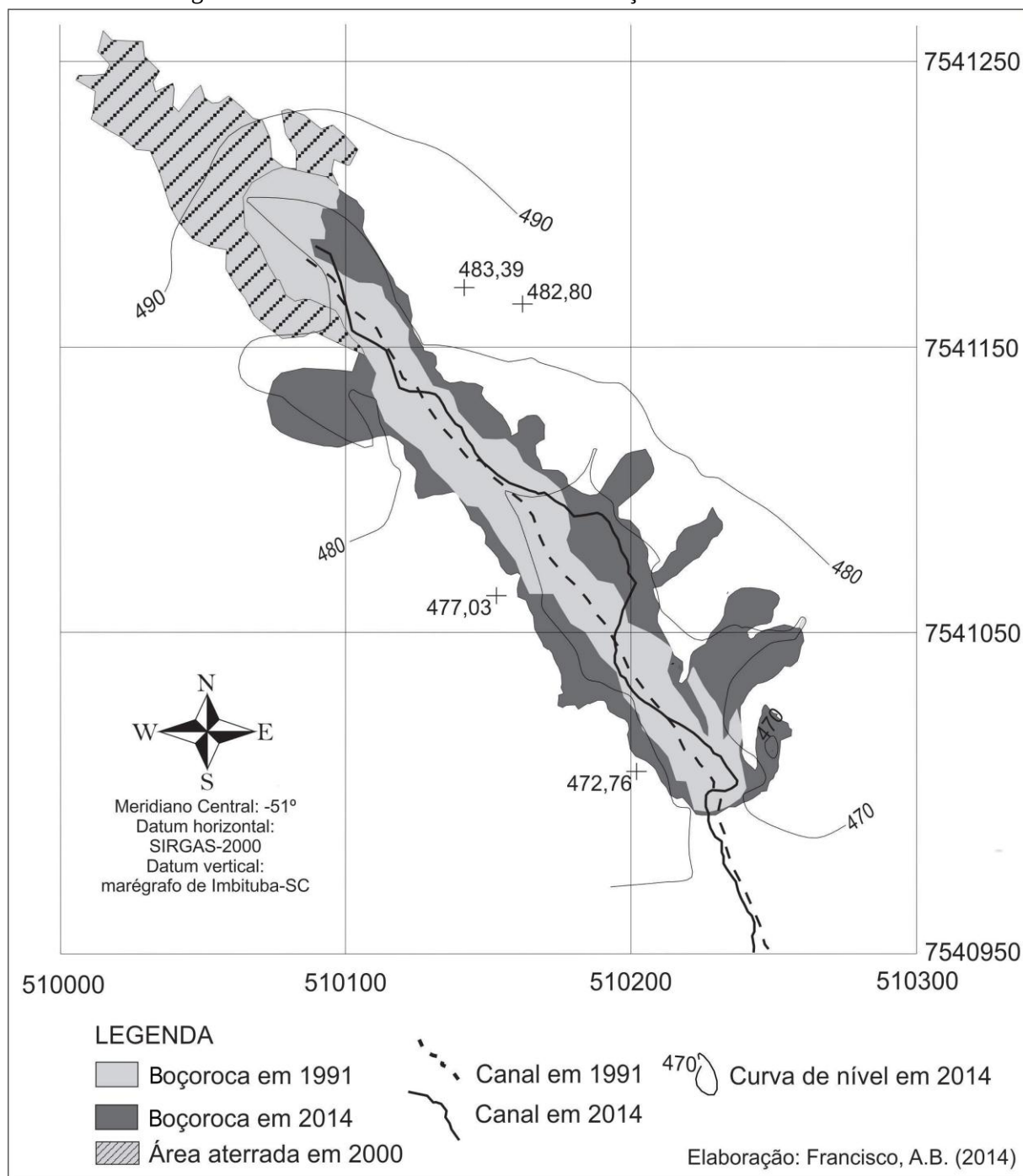
A carta da figura 59 mostra a expansão da boçoroca nos períodos entre 1972 a 1991 e de 1991 a 2014.

Figura 59 – Carta de expansão da boçoroca do córrego do Grito (1972-2014).



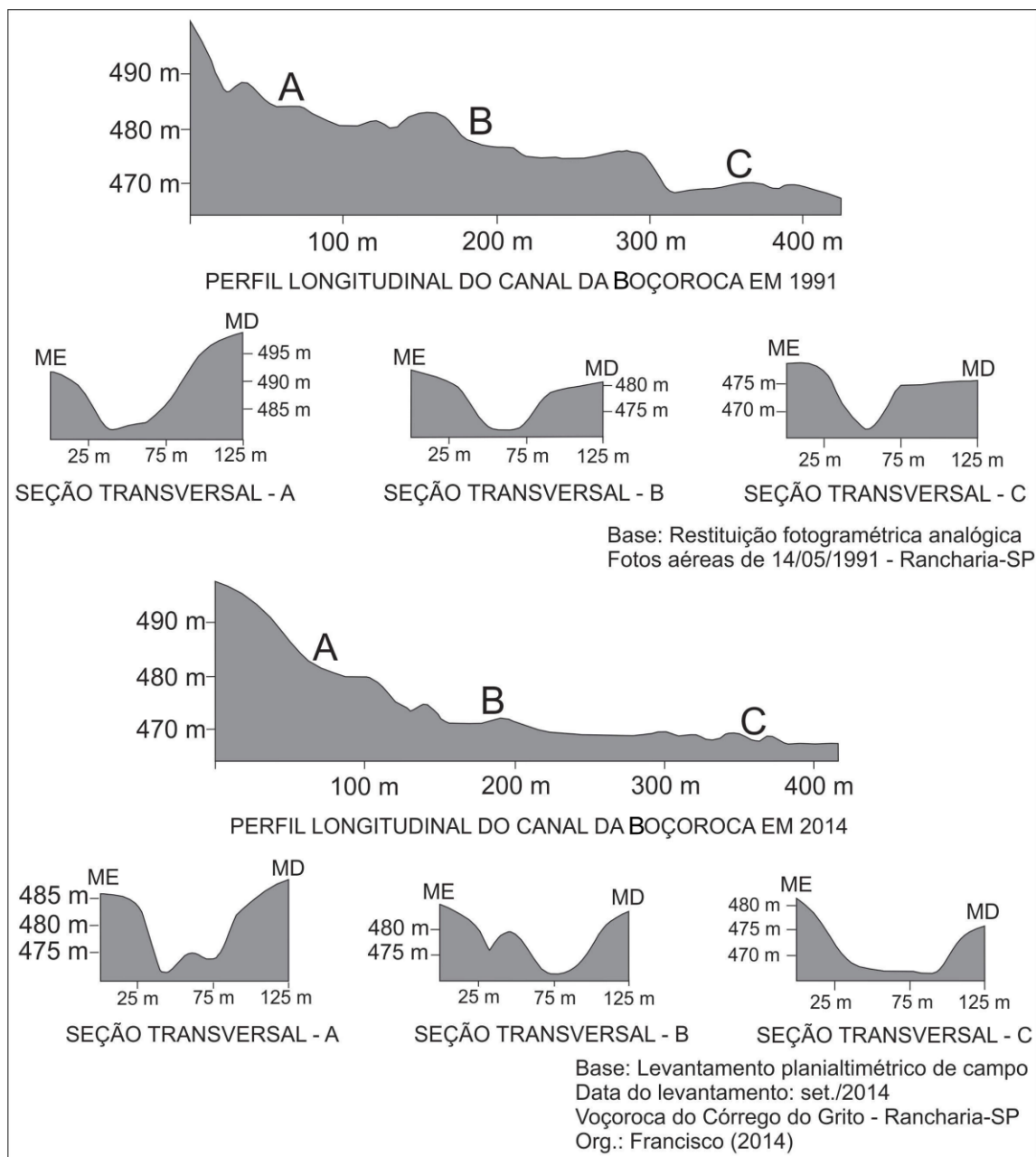
A figura 60 mostra as alterações na área e na morfologia do canal de escoamento da boçoroca, com a presença de área aterrada no trecho a montante, desenvolvimento de ravinas na margem esquerda e canal de escoamento com dois meandros na parte leste da boçoroca. O canal de escoamento em 1991 apresentou sinuosidade de aproximadamente 1,02 e o canal de escoamento em 2014 apresentou sinuosidade de aproximadamente 1,18.

Figura 60 – Área e canal de escoamento da boçoroca em 1991 e 2014.



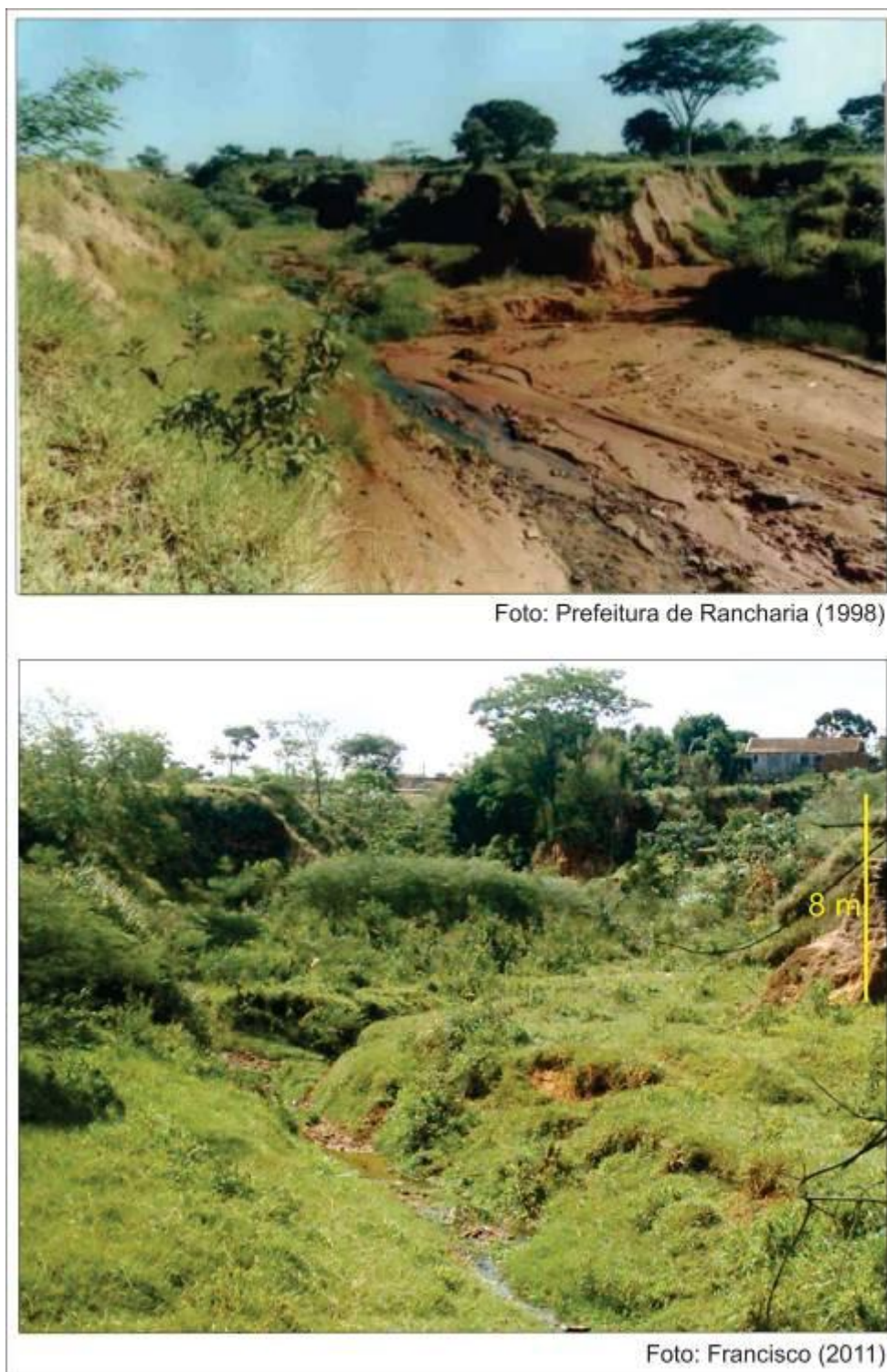
Estas modificações na morfologia da boçoroca são notadas no perfil longitudinal e nas seções transversais do canal da boçoroca em 1991 e 2014, como mostra a figura 61. Em análise comparativa nota-se a ação erosiva com destaque na seção B, resultando num fundo da boçoroca com menores declividades e maiores larguras em 2014 em comparação com dados de 1991.

Figura 61 – Perfis topográficos da boçoroca do córrego do Grito em 1991 e 2014.



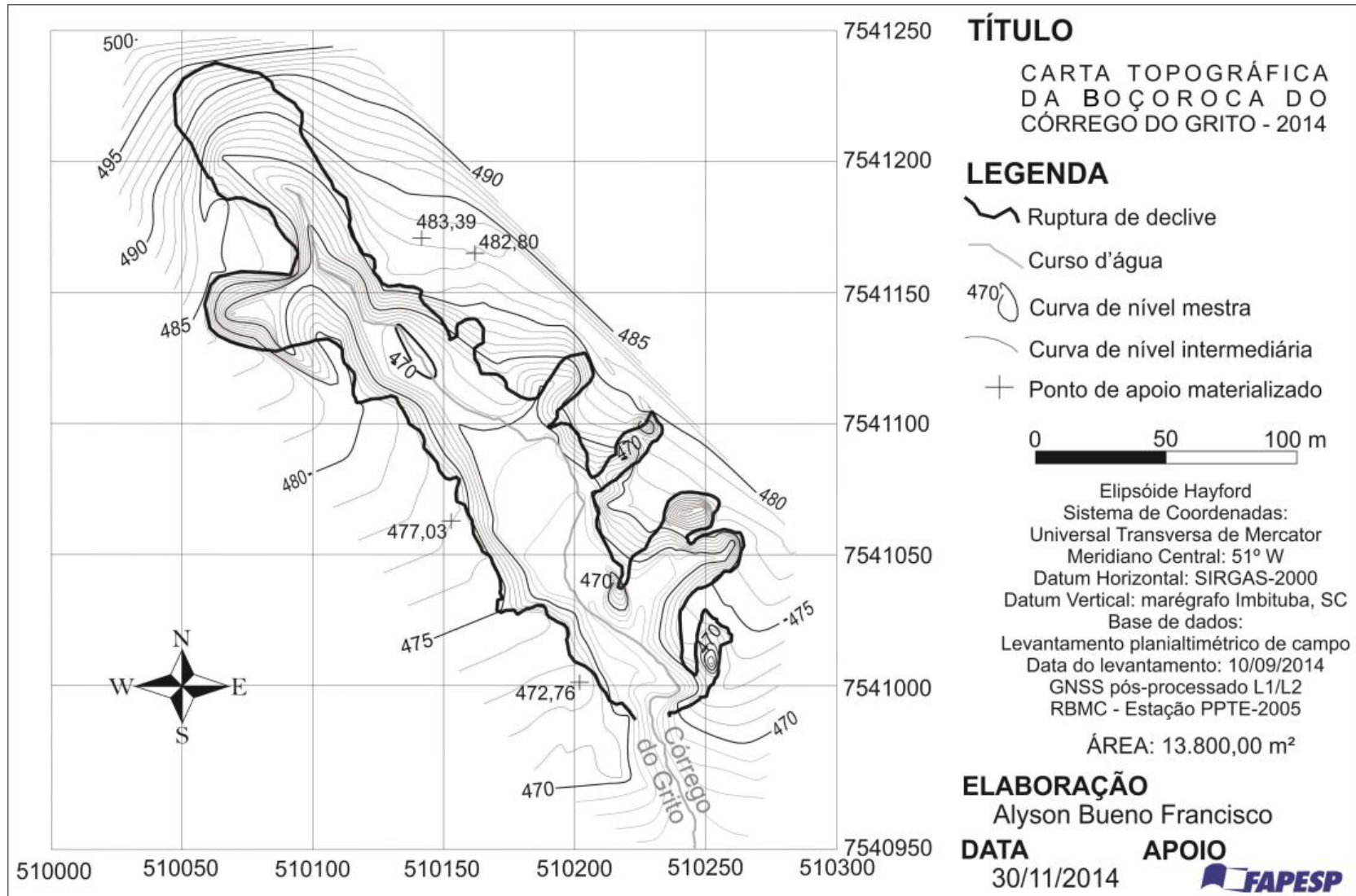
A comparação entre as fotos das figuras 62a e 62b mostram a presença de um terraço no fundo da boçoroca (foto de 2011), provavelmente resultado da deposição de sedimentos e entalhe formando a calha do curso d'água no fundo da boçoroca.

Figura 62a e 62b – Interior da boçoroca do córrego do Grito em 1998 e 2011.



A carta topográfica da figura 63 mostra a morfologia atual da boçoroca com a concentração de ravinas na margem esquerda, presença de baixas declividades no fundo da boçoroca e canal com meandros.

Figura 63 – Carta topográfica da boçoroca do Córrego do Grito (2014).



8.2 A erosão remontante e as práticas de controle da erosão urbana

Em 1997 o desenvolvimento da erosão remontante aumentou a preocupação do avanço da boçoroca em direção à Avenida D. Pedro II e foram solicitados recursos públicos para a implantação de obras de macrodrenagem para controle desta erosão remontante. Após a apresentação de parecer técnico do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, 1997) e de apresentação de projeto de controle da erosão urbana pela Prefeitura do Município de Rancharia ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos (FEHIDRO) em 1998, foi executada a implantação da macrodrenagem urbana para o controle da erosão remontante no ano de 2000, conforme o trecho do plano técnico apresentado no Anexo A.

Após a implantação das galerias e dos dissipadores de energia, parte da cabeceira da boçoroca foi aterrada (3.700 m² de área). A figura 64 mostra as galerias implantadas e as condições da área degradada pelo boçorocamento no ano de 2000.

Figura 64 – Galerias de macrodrenagem urbana.



Foto: Prefeitura do Município de Rancharia (2000).

A figura 65 mostra a localização e as obras de implantação de galerias de águas pluviais no sistema de macrodrenagem urbana na microbacia do Córrego do Grito, realizado no ano de 2000, com a finalidade de direcionar as águas pluviais até o curso d'água receptor a fim de amenizar o impacto causado com a erosão remontante, agravada após décadas de ausência de um sistema de macrodrenagem.

Figura 65 – Galerias do sistema de macrodrenagem urbana na cabeceira da boçoroca do Córrego do Grito.



Adaptado de planta de projeto de 1998

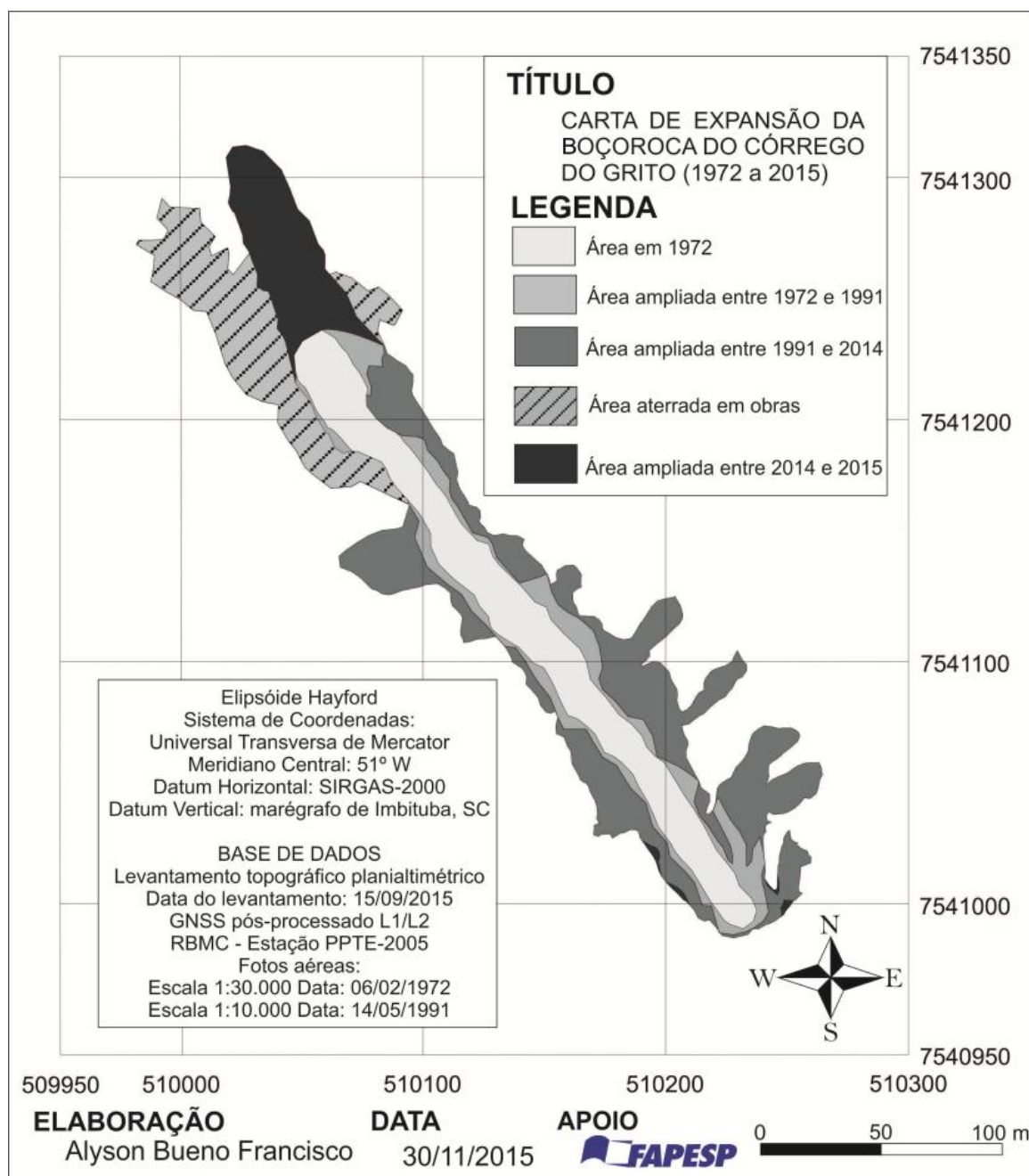


Obras implantadas em 2000

Fonte das fotos: Prefeitura de Rancharia

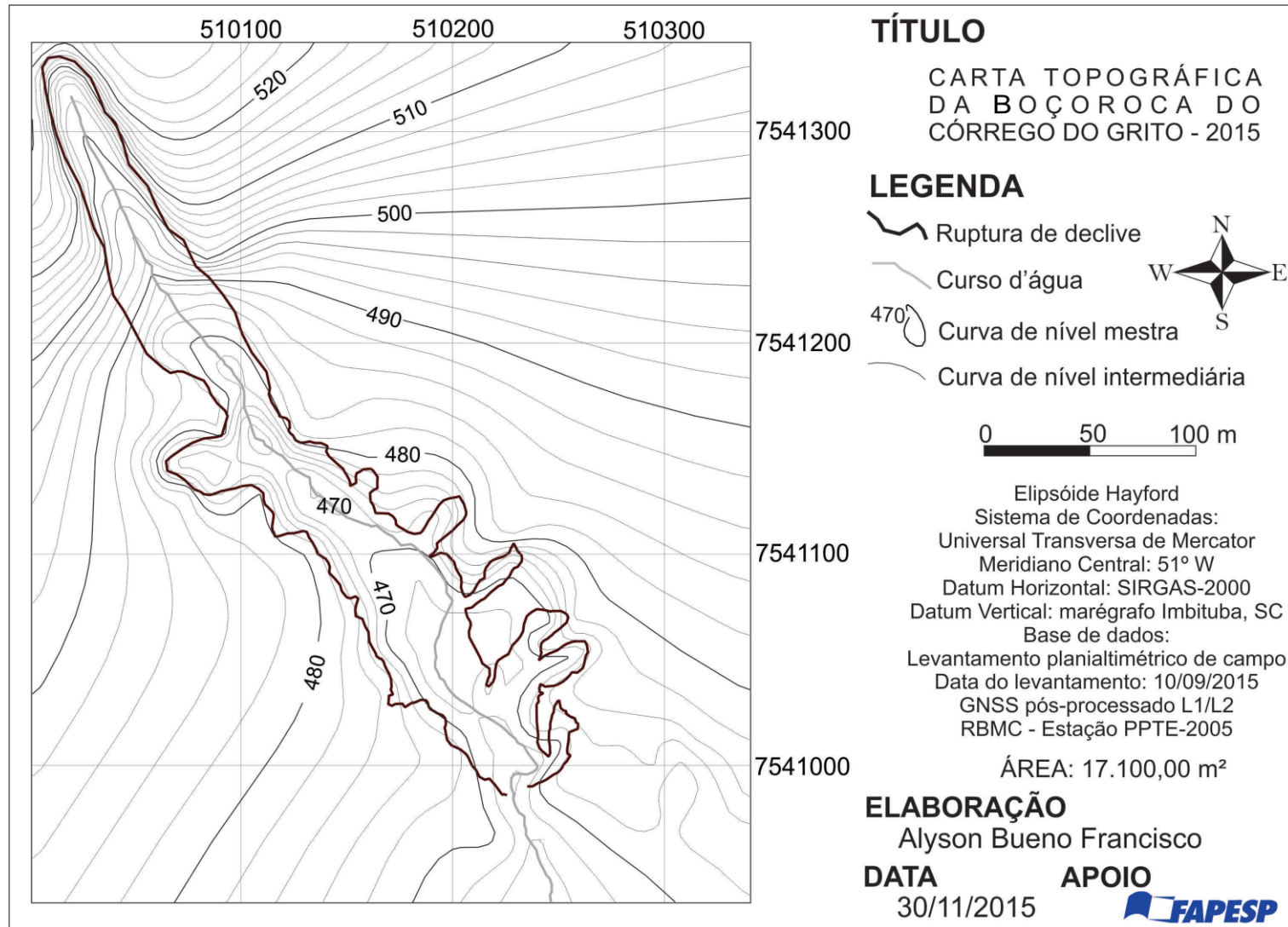
A partir do início de 2015, a cabeceira da boçoroca do Córrego do Grito avançou aproximadamente 96 m de comprimento e atingiu em média 25 m de largura numa área de aproximadamente 3.300 m². A carta da figura 66 mostra a expansão da boçoroca entre 2014 e 2015 com destaque para a erosão remontante.

Figura 66 – Carta de expansão da boçoroca do Córrego do Grito (2015).



A figura 67 mostra a carta topográfica da boçoroca do Córrego do Grito de 2015.

Figura 67 – Carta topográfica da boçoroca do Córrego do Grito (2015).



Após 15 anos da implantação de galerias de sistema de macrodrenagem urbana, ocorreu a retomada do processo de erosão remontante na boçoroca do Córrego do Grito. Esta retomada da erosão remontante se iniciou em janeiro de 2015, sendo que em 30 de junho de 2015 a boçoroca atingiu o leito carroçável da Avenida Dom Pedro II.

Entre fevereiro e junho de 2015 profissionais da Prefeitura de Rancharia fizeram levantamentos topográficos visando monitorar o avanço da erosão remontante. Estes dados foram utilizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo que apresentou um croqui cartográfico da evolução da erosão remontante, conforme apresenta a figura 68.

Figura 68 – Croqui do monitoramento da erosão remontante



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2016).

A figura 97, em anexo, mostra a proximidade da cabeceira da boçoroca com a cerca de divisa da propriedade sendo esta localizada a uma distância de 5 m da Avenida Dom Pedro II. As figuras 98 e 99, em anexo, mostram os danos causados pela erosão remontante com a destruição do sistema de galerias de águas pluviais e do sistema de distribuição do esgoto doméstico. A figura 99, em anexo, mostra a formação do canal de escoamento das águas pluviais e a exposição dos solos e depósitos de resíduos sólidos existentes há décadas na área.

A figura 69 e a figura 70 mostram a boçoroca do Córrego do Grito após o desenvolvimento desta erosão remontante com o rompimento do sistema de drenagem implantado em 2000.

Figura 69 – Boçoroca do Córrego do Grito após erosão remontante.



Foto: Francisco, A. B. Data: 02/07/2015.

Figura 70 – Cabeceira da boçoroca do Córrego do Grito.



Foto²²: Barbosa, R. B. Data: 14/07/2015.

O avanço da erosão remontante surpreendeu os moradores dos bairros Jardim Universitário e Jardim Regina. Em depoimento no dia 01 de julho de 2015, Waldemar Rodrigues afirmou: “Ontem o buraco estava antes da cerca. Hoje, era umas seis e meia da manhã quando ouvi um estrondo e quando fomos ver já tinha atingido a calçada da avenida”.

Entre os dias 30 de junho e 01 de julho de 2015 foram registrados 43 mm de precipitação²³.

A figura 71 mostra os danos causados à infraestrutura urbana com o desenvolvimento da erosão remontante que atingiu a Avenida Dom Pedro II e tornou-se um caso de calamidade pública na cidade de Rancharia.

²² Imagem obtida com o uso de veículo aéreo não-tripulado (VANT).

²³ Dados disponíveis na tabela 17 em apêndice.

Figura 71 – Avanço da erosão remontante danifica infraestrutura urbana.



Foto: Francisco, A. B. Data: 01/07/2015.

A partir de julho de 2015 foram implantadas as obras emergenciais para controlar o avanço da erosão remontante, sendo implantados tubos de concreto para direcionar as águas pluviais provenientes do sistema de macrodrenagem urbana, conforme mostra a figura 72.

Figura 72 – Obras emergenciais para contenção da erosão remontante.



Foto: Francisco, A. B. Data: 10/07/2015.

Estas primeiras obras emergenciais não foram suficientes para conter o avanço da erosão remontante, cujos tubos implantados foram destruídos pelos deslizamentos, conforme mostra a figura 73.

Figura 73 – Danos causados às primeiras obras emergenciais.



Foto: Francisco, A. B. Data: 15/07/2015.

Para garantir o controle da erosão remontante foram implantadas galerias na cabeceira da boçoroca para o direcionamento das águas pluviais provenientes do sistema de macrodrenagem urbana, conforme mostra a figura 74.

Os tubos do sistema de macrodrenagem urbana foram assentados em um par de galerias sendo construídos em diferentes níveis de altimetria para garantir a distribuição das águas pluviais em etapas, conforme mostra a foto da figura 75.

Figura 74 – Obras de implantação de novas galerias de macrodrenagem urbana.



Foto: Francisco, A. B. Data: 25/07/2015.

Figura 75 – Caixa de recepção das águas pluviais e galerias.



Foto: Francisco, A. B. Data: 30/07/2015.

A jusante do par de tubos de galerias foi implantada caixas de concreto formando degraus para diminuir a velocidade de escoamento das águas pluviais ao atingirem o leito da

boçoroca, conforme mostra a figura 76. O diâmetro dos tubos de concreto é de apenas 1,5 m, condição que precisa ser questionada pelo fato da vazão em períodos de chuvas volumosas.

Figura 76 – Degraus de recepção das águas pluviais.



Foto: Francisco, A. B. Data: 16/08/2015.

Após as obras de implantação das galerias de águas pluviais foi realizada a terraplenagem da área com a deposição e compactação de terra sobre estas galerias. Nos taludes do aterro implantado foram plantadas gramíneas, conforme mostra a figura 77.

Figura 77 – Plantio de gramíneas em área aterrada.



Foto: Prefeitura do Município de Rancharia. Data: 20/08/2015.

Em decorrências das chuvas concentradas entre setembro e dezembro de 2015 e da presença de solo exposto em área aterrada surgiram processos erosivos lineares que ameaçaram a estabilidade das estruturas recentemente implantadas, como mostra a figura 78.

Figura 78 – Ravina formada no aterro após a implantação das obras de controle da erosão urbana.



Foto: Francisco, A. B. Data: 16/01/2016.

Em julho de 2014, de acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (2017), a Secretaria Estadual de Desenvolvimento Econômico, Ciência, Tecnologia e Inovação havia destinado à Prefeitura de Rancharia 197 mil reais, através do Programa de Apoio Tecnológico aos Municípios, com o intuito de financiar o diagnóstico técnico e as obras de estabilização da “erosão da Avenida Dom Pedro II” (boçoroca do Córrego do Grito). Entretanto, as obras de controle da erosão remontante demandaram recursos públicos na ordem de 608 mil reais (SAIA, 2015).

A ausência da formalização de um plano de drenagem urbana para o município de Rancharia e a falta de planejamento adequado para garantir o direcionamento das águas pluviais urbanas ao curso d’água receptor contribuíram para a ocorrência dos problemas gerados pelo desenvolvimento do boçorocamento que comprometeu a infraestrutura urbana e gerou gastos públicos para o controle do processo erosivo.

CAPÍTULO 05

RESULTADOS PRÁTICOS: MONITORAMENTO DE RAVINAS E PARCELAS EXPERIMENTAIS DE CONTROLE DA EROSÃO LINEAR

9.1 Análise da dinâmica espacial e temporal de ravinas

A partir da análise da dinâmica da boçoroca foram selecionadas as áreas para o monitoramento topográfico das rupturas de declive. Para esta seleção, foram adotados os seguintes critérios:

- a) Exclusão das áreas com presença de resíduos sólidos e materiais de depósitos induzidos devida interferência nas condições pedológicas superficiais;
- b) Inclusão das áreas com o desenvolvimento de ravinas a partir de 1991, com destaque para as ravinas da margem esquerda da boçoroca;
- c) Acesso às áreas do monitoramento.

Na seleção dos pontos de monitoramento foi adotado o critério de morfologia considerando as rupturas de declive em formato de vértices das ravinas e proximidade de taludes com canal de escoamento na base.

A primeira área selecionada compreende uma ramificação da erosão remontante, mencionada por Oliveira (1994), formada após obras de controle da erosão urbana em 1992.

A figura 79 mostra a área e 04 pontos de monitoramento das rupturas de declive no setor montante da boçoroca.

A tabela 08 mostra as variações dos pontos de monitoramento do setor montante da boçoroca. As coordenadas dos pontos de monitoramento são apresentadas na tabela 21 em apêndice.

Figura 79 – Área do setor montante do monitoramento.

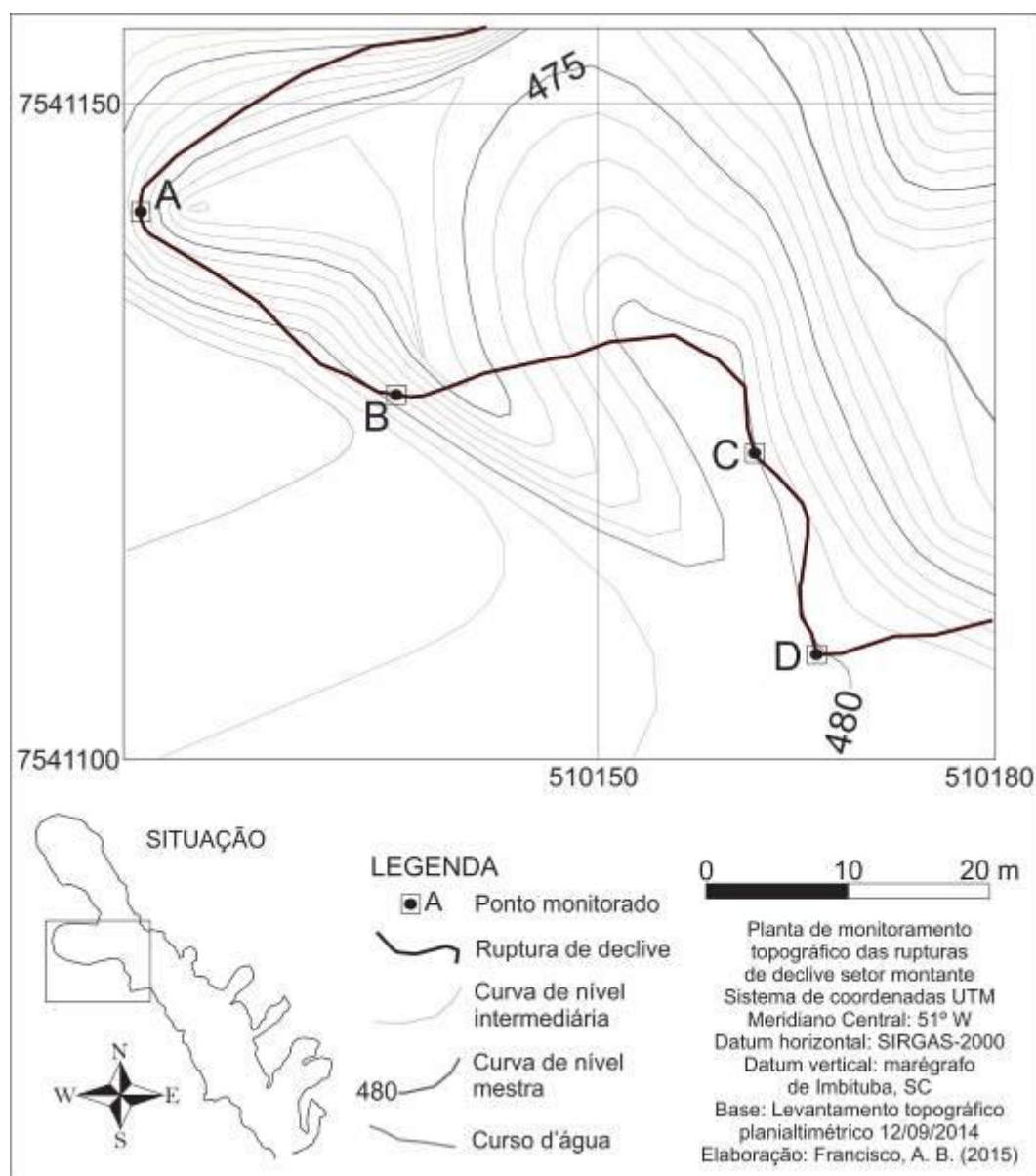


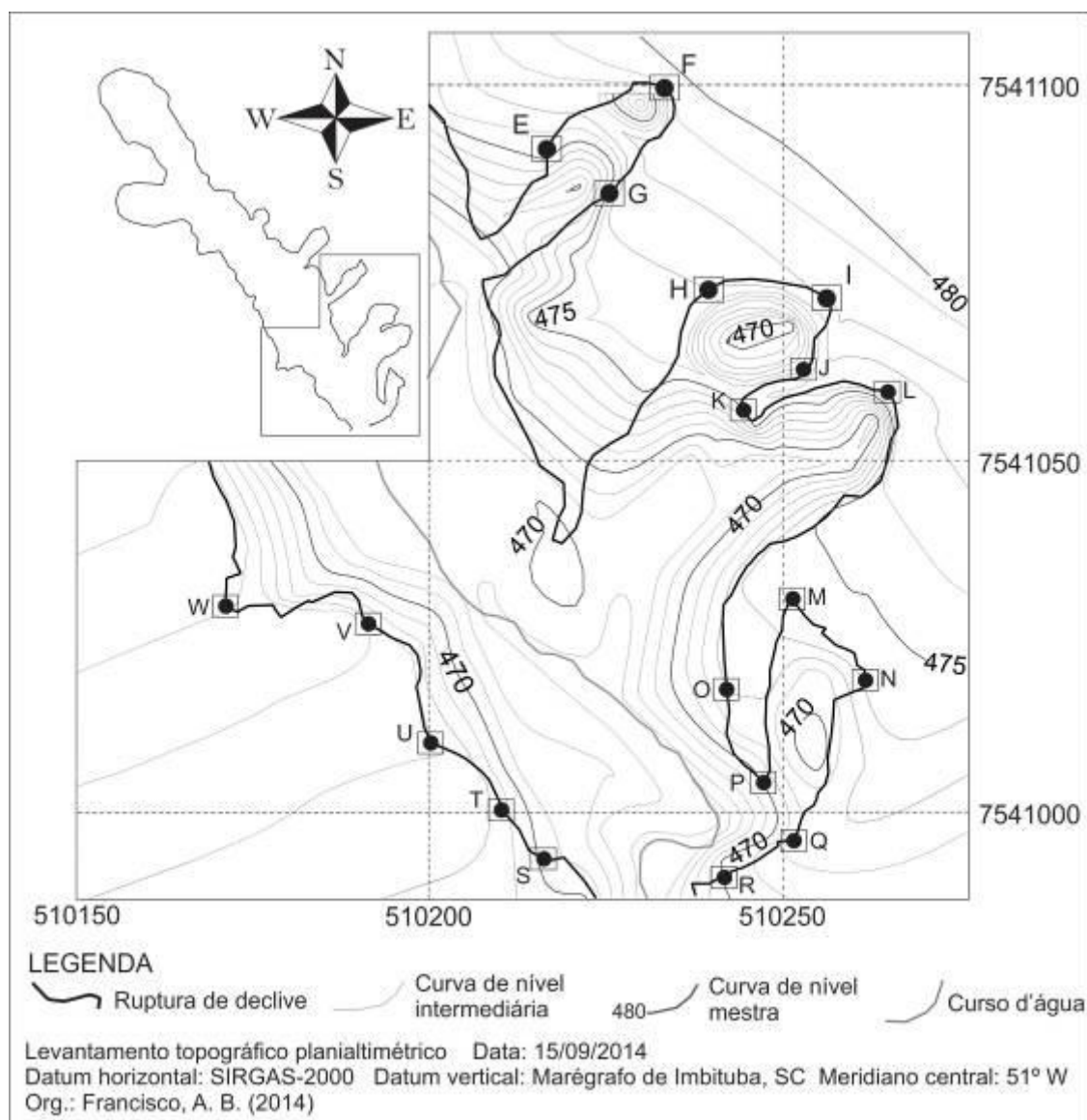
Tabela 08 – Variações de distâncias (m) dos pontos de monitoramento no setor montante.

Pontos	Dez. 2014	Fev. 2015	Abr. 2015	Set. 2015	Dez. 2015	Fev. 2016	Abr. 2016	Set. 2016	Σ
A	0,15	0,08	0,04	0,11	0,16	0,06	0,07	0,08	0,75
B	0,07	0,05	0,00	0,06	0,09	0,05	0,02	0,05	0,39
C	0,09	0,07	0,04	0,05	0,11	0,08	0,00	0,08	0,52
D	0,12	0,10	0,06	0,10	0,14	0,12	0,06	0,10	0,80
Índices pluviométricos no período (mm)	567,8	415,2	186,6	446,2	604,4	412,6	293,0	454,6	3.389

A segunda área selecionada para o monitoramento compreende uma concentração de ravinas na margem esquerda da boçoroca e um trecho a jusante da margem direita.

A figura 80 mostra a área e 19 pontos de monitoramento de rupturas de declive no setor jusante da boçoroca.

Figura 80 - Área do setor jusante do monitoramento.



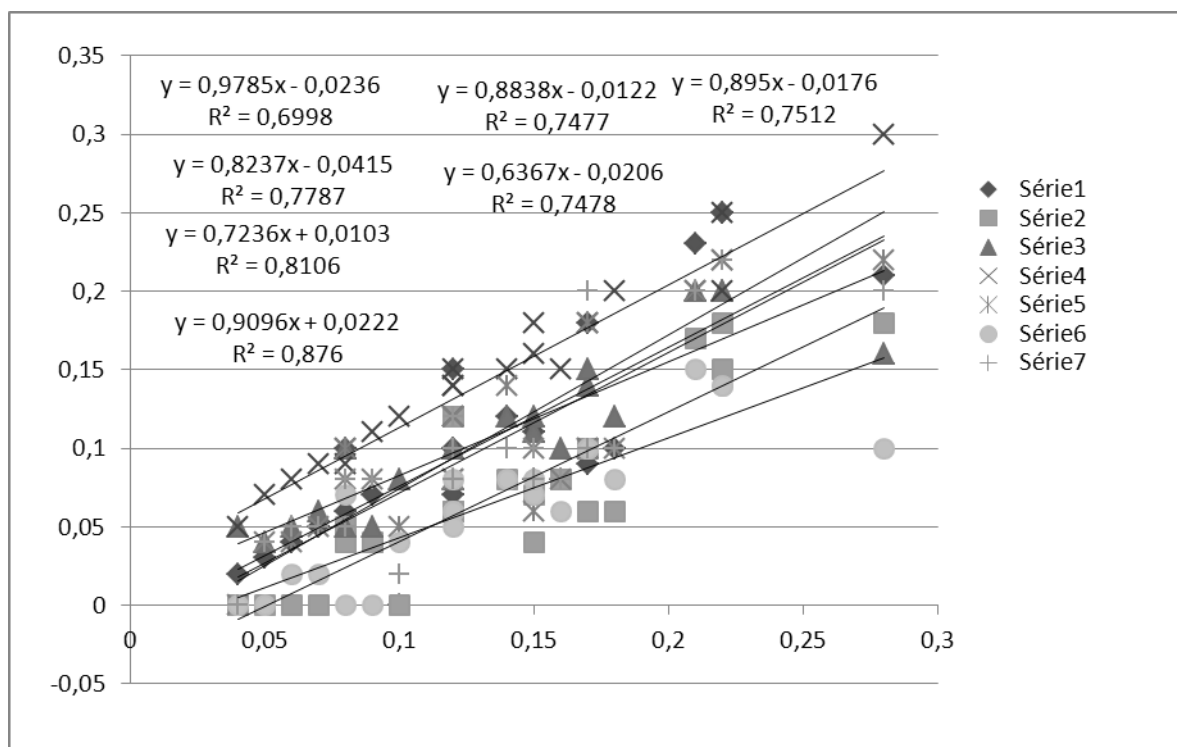
A tabela 09 mostra as variações dos pontos de monitoramento do setor jusante da boçoroca.

Tabela 09 – Variações de distâncias (m) dos pontos de monitoramento no setor jusante.

Pontos	Dez. 2014	Fev. 2015	Abr. 2015	Set. 2015	Dez. 2015	Fev. 2016	Abr. 2016	Set. 2016	Σ
E	0,05	0,03	0,00	0,04	0,07	0,04	0,00	0,04	0,27
F	0,12	0,10	0,06	0,10	0,14	0,08	0,06	0,10	0,76
G	0,06	0,04	0,00	0,05	0,08	0,04	0,02	0,05	0,34
H	0,08	0,10	0,05	0,10	0,09	0,10	0,07	0,08	0,67
I	0,14	0,12	0,08	0,12	0,15	0,14	0,08	0,10	0,93
J	0,10	0,00	0,00	0,08	0,12	0,05	0,04	0,02	0,56
K	0,12	0,07	0,06	0,08	0,12	0,08	0,05	0,08	0,66
L	0,04	0,02	0,00	0,05	0,05	0,00	0,00	0,00	0,16
M	0,22	0,25	0,15	0,20	0,25	0,22	0,14	0,22	1,65
N	0,08	0,06	0,04	0,05	0,10	0,08	0,00	0,05	0,46
O	0,18	0,10	0,06	0,12	0,20	0,10	0,08	0,10	0,94
P	0,21	0,23	0,17	0,20	0,20	0,20	0,15	0,20	1,56
Q	0,17	0,09	0,06	0,14	0,10	0,10	0,10	0,10	0,82
R	0,16	0,08	0,08	0,10	0,15	0,08	0,06	0,08	0,79
S	0,15	0,11	0,07	0,12	0,18	0,10	0,08	0,10	0,91
T	0,22	0,25	0,18	0,20	0,20	0,22	0,14	0,22	1,63
U	0,17	0,18	0,10	0,15	0,18	0,18	0,10	0,20	1,26
V	0,28	0,21	0,18	0,16	0,30	0,22	0,10	0,20	1,65
W	0,12	0,15	0,12	0,10	0,15	0,12	0,08	0,12	0,96
Índices pluviométricos no período (mm)	567,8	415,2	186,6	446,2	604,4	421,4	293,0	454,6	3.389

O gráfico da figura 81 mostra uma forte correlação linear das variações de distâncias, com um coeficiente de determinação médio de $R^2 = 0,7731$.

Figura 81 – Gráfico de regressão linear de variações das distâncias

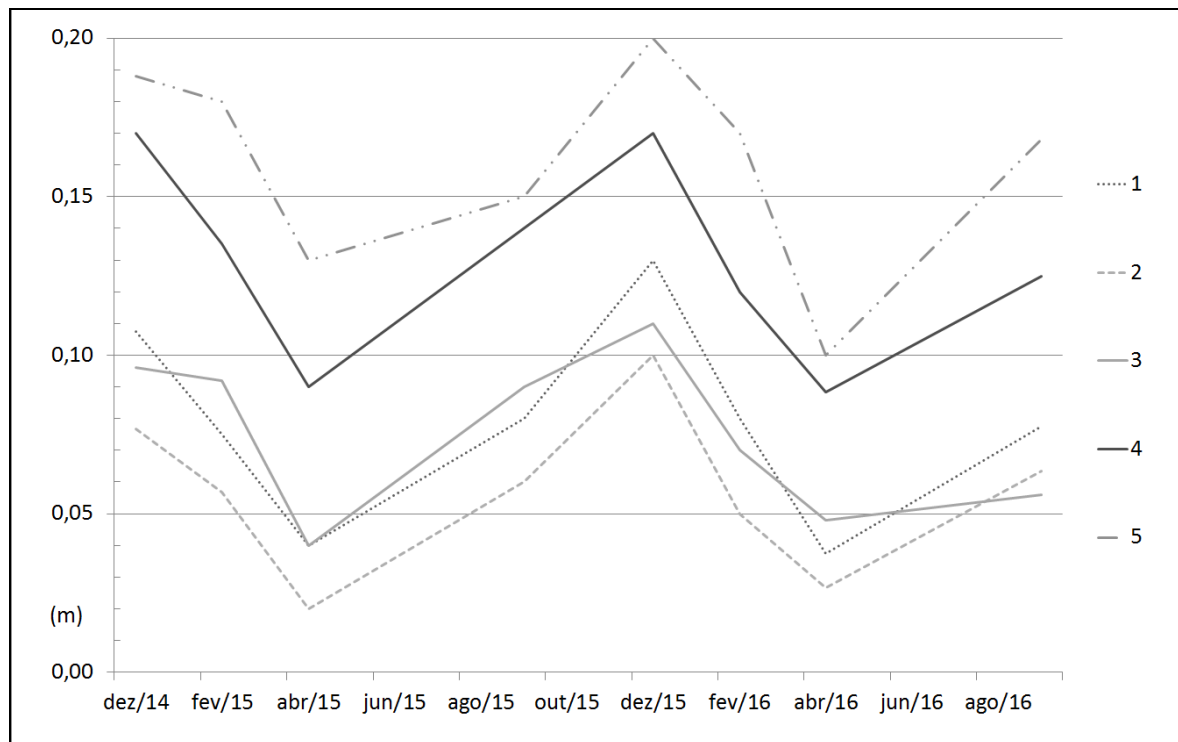


Elaboração: Francisco, A. B. (2017).

Na análise das variações das distâncias os pontos foram agrupados cinco setores: setor 1 (pontos de A ao D), setor 2 (pontos de E ao G), setor 3 (pontos de H ao L), setor 4 (pontos de M ao R) e setor 5 (pontos de S ao W).

A figura 82 mostra as médias das variações das distâncias nos setores de monitoramento. O setor 5 apresenta as médias mais elevadas com uma média de 0,16 m de variação no total do período.

Figura 82 – Médias das variações de distâncias nos setores.

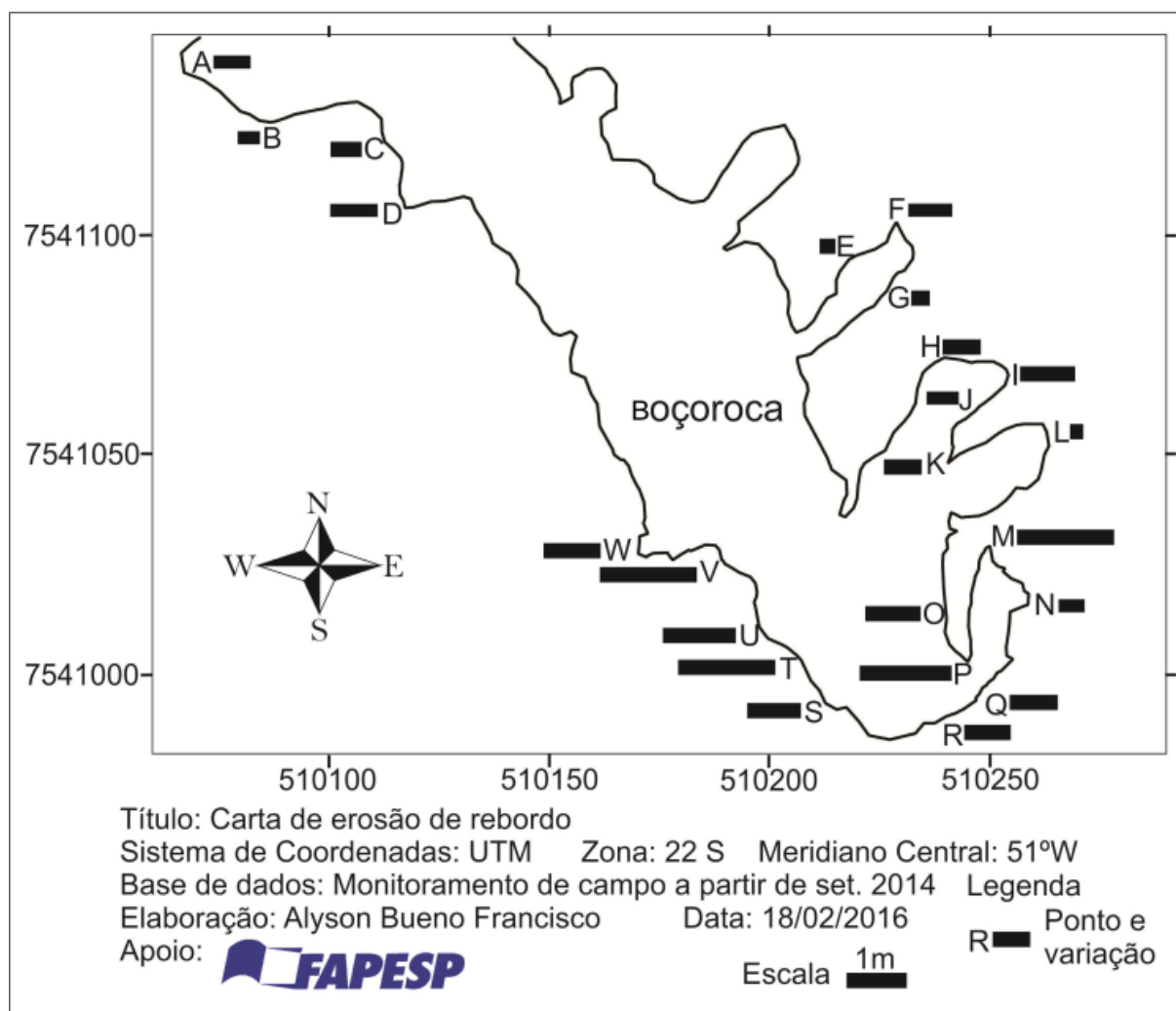


Elaboração: Francisco, A. B. (2016).

Neste monitoramento ocorreram variações a partir de 0,65 m em 10 pontos: I a montante de uma ravina; M, O e P associados ao trecho de uma ravina instável; R na ruptura de declive de um talude com o canal de escoamento na base; e S, T, U, V e W localizados na margem direita da boçoroca. Os pontos M, P, T e V apresentaram uma variação total superior a 1,5 m.

A carta da figura 83 mostra a distribuição espacial das variações de distância durante o período total de monitoramento da erosão de rebordo.

Figura 83 – Carta de erosão de rebordo.



Após 24 meses de monitoramento da erosão de rebordo foi constatada uma variação média de distância de 0,85 m e a área erodida foi de 305,9 m², conforme apresenta os dados na tabela 22 em apêndice.

A figura 84 mostra um trecho da margem direita da boçoroca com a presença de talude com solo exposto e de sedimentos e resíduos sólidos no fundo da boçoroca, cujo trecho apresentou as maiores variações em decorrência da erosão de rebordo.

Figura 84 – Talude na margem direita da boçoroca.



Foto: Francisco, A. B. Data: 05/02/2015.

Em relação aos índices pluviométricos e a erosão de rebordo, a tabela 10 apresenta as médias das variações das distâncias em cada período do monitoramento de 24 meses, com uma média de 0,11 m nos períodos entre dezembro e fevereiro, e de abril a setembro que apresentaram um índice médio de precipitação de 434,25 mm.

Tabela 10 – Média da variação das distâncias em relação aos períodos de monitoramento

Período	Índices de precipitação (mm) ²⁴	Média da variação das distâncias (m)
14/09/2014 a 16/12/2014	567,8	0,13
17/12/2014 a 17/02/2015	415,2	0,11
18/02/2015 a 18/04/2015	186,6	0,07
19/04/2015 a 15/09/2015	446,2	0,11
16/09/2015 a 14/12/2015	604,4	0,14
15/12/2015 a 15/02/2016	421,4	0,11
16/02/2016 a 14/04/2016	293,0	0,06
15/04/2016 a 15/09/2016	454,6	0,10

Elaboração: Francisco, A.B. (2017).

²⁴ Os índices pluviométricos diários estão presentes nas tabelas 17, 18, 19 e 20 em Apêndice.

A erosão de rebordo, apesar de ser diretamente influenciada ao impacto hídrico nos horizontes superficiais, pode estar também associada aos processos erosivos dos horizontes subjacentes, como a erosão tubular interna (*piping*) e a erosão causada pela ação do curso d'água da boçoroca. A instabilidade gerada pelos processos erosivos subsuperficiais e subterrâneos, sendo uma das principais características do boçorocamento, favorece o desenvolvimento da erosão linear dos horizontes superficiais.

9.2 O controle da erosão linear em parcelas experimentais

A parcela experimental para o controle da erosão linear com barreiras de bambus foi implantada num setor da margem direita da boçoroca numa ravina com a presença de terraços gerados pela ação do pisoteio do rebanho, conforme apresenta a figura 85.

Figura 85 – Localização da parcela experimental.

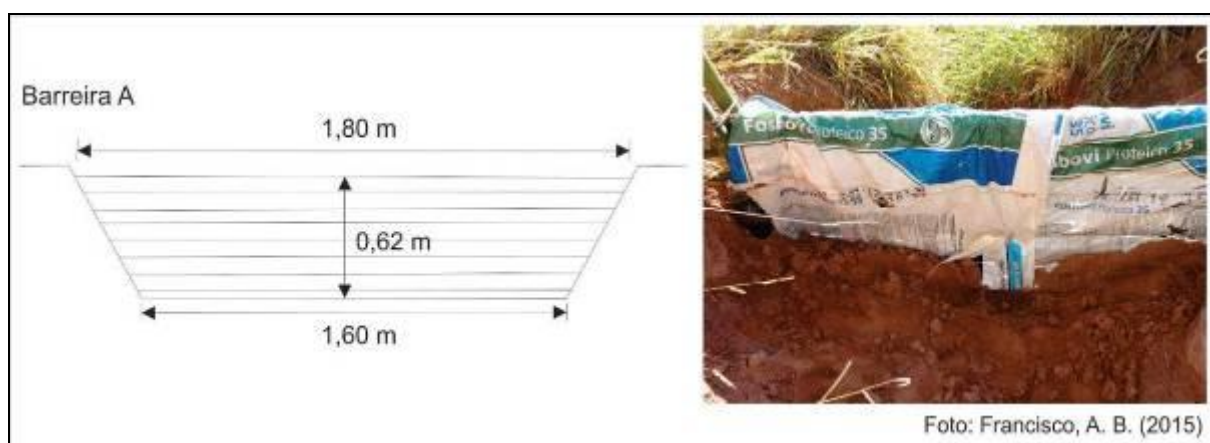


Elaboração: Francisco, A. B. (2015)

As barreiras de bambus possuem como finalidade diminuir a velocidade dos escoamentos superficiais, favorecendo a infiltração. Estas barreiras são implantadas preferencialmente em ravinas com canais incisivos de profundidades inferiores a 1 m, pois o controle da erosão linear visa evitar que as feições erosivas não alcancem um estágio crítico e de grande porte.

A figura 86 apresenta a barreira A e suas respectivas dimensões.

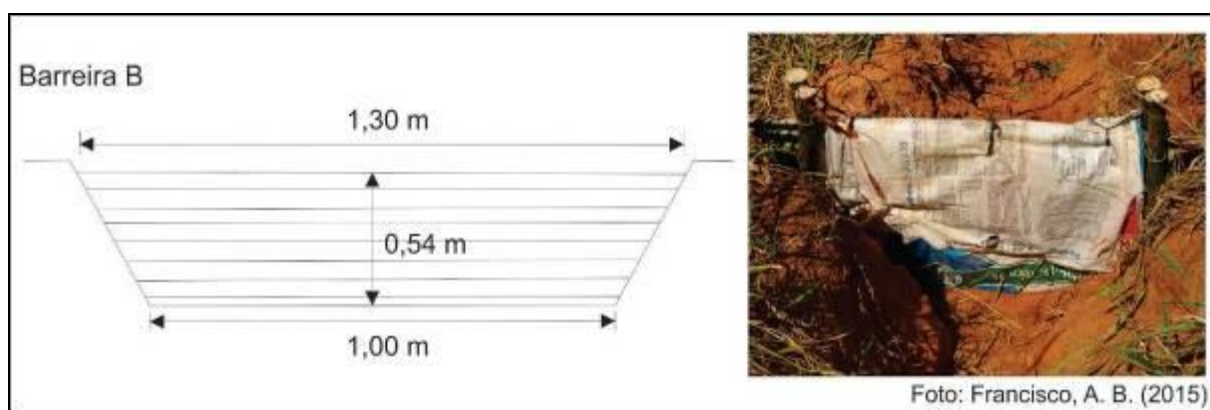
Figura 86 – Dimensões da barreira A.



Data da foto: 15/09/2014

A figura 87 apresenta a barreira B e suas respectivas dimensões.

Figura 87 – Dimensões da barreira B.

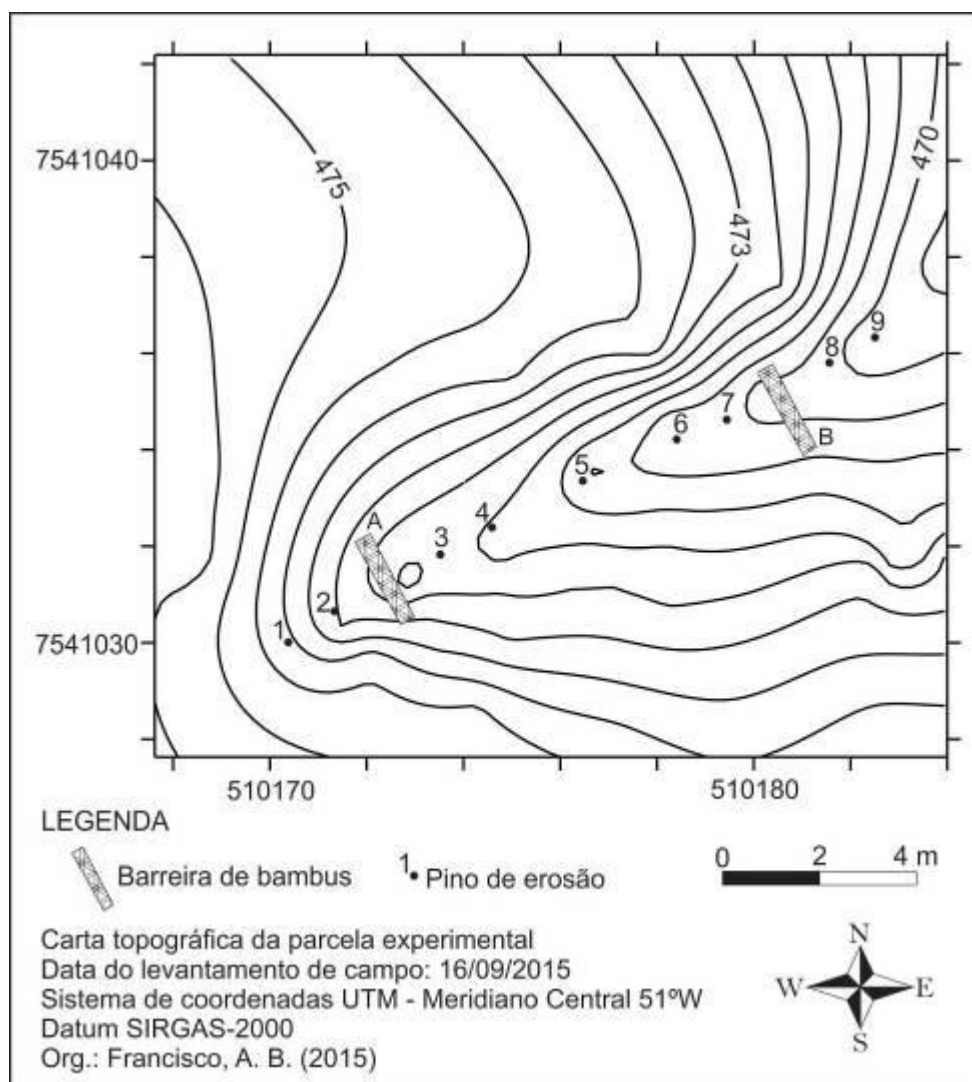


Data da foto: 15/09/2014

No monitoramento da parcela experimental foram instalados 09 pinos de erosão com a finalidade de mensurar as perdas de solo e o acúmulo de sedimentos. Na fixação dos pinos de erosão respeita-se uma distância de pelo menos 1 m entre os pinos.

A figura 88 mostra a carta topográfica com a localização dos pinos de erosão e das barreiras de bambus na parcela experimental 01.

Figura 88 – Carta topográfica da parcela experimental 01.



A tabela 11 mostra um acúmulo de sedimentos nos pinos localizados a montante das barreiras (valores positivos) e diminuição das perdas de solo nos pinos a jusante das barreiras (valores negativos).

Tabela 11 – Níveis de erosão e deposição na parcela experimental 01.

Pino	Variação de nível (cm)						Σ
	Dez. 2015	Fev. 2016	Abr. 2016	Set. 2016	Dez. 2016	Fev. 2017	
01	4,8	03,0	2,2	3,0	1,8	2,5	17,3
02	5,4	03,8	2,3	4,0	2,0	2,5	20,0
03	-2,5	-0,9	-0,6	-1,0	-0,5	-0,8	-06,3
04	-3,8	-2,2	-1,8	-2,0	-2,0	-1,7	-13,5
05	-6,5	-4,1	-3,5	-4,5	-3,0	-3,5	-25,1
06	3,7	2,5	1,8	2,7	2,0	2,0	14,7
07	5,5	4,4	3,2	4,5	3,0	3,0	23,6
08	-1,5	-0,5	0,0	-1,0	-0,2	-0,3	-03,7
09	-3,5	-3,1	-2,0	-3,0	-1,5	-1,8	-14,9
Média	±4,13	±2,72	±2,18	±2,85	±1,77	±2,01	±15,46
Índice pluviométrico (mm)	(16/09/2015 a 14/12/2015) 604,4	(15/12/2015 a 15/02/2016) 421,4	(16/02/2016 a 14/04/2016) 293,0	(15/04/2016 a 15/09/2016) 454,6	(16/09/2016 a 14/12/2016) 275,2	(15/12/2016 a 15/02/2017) 334,6	2.383,2

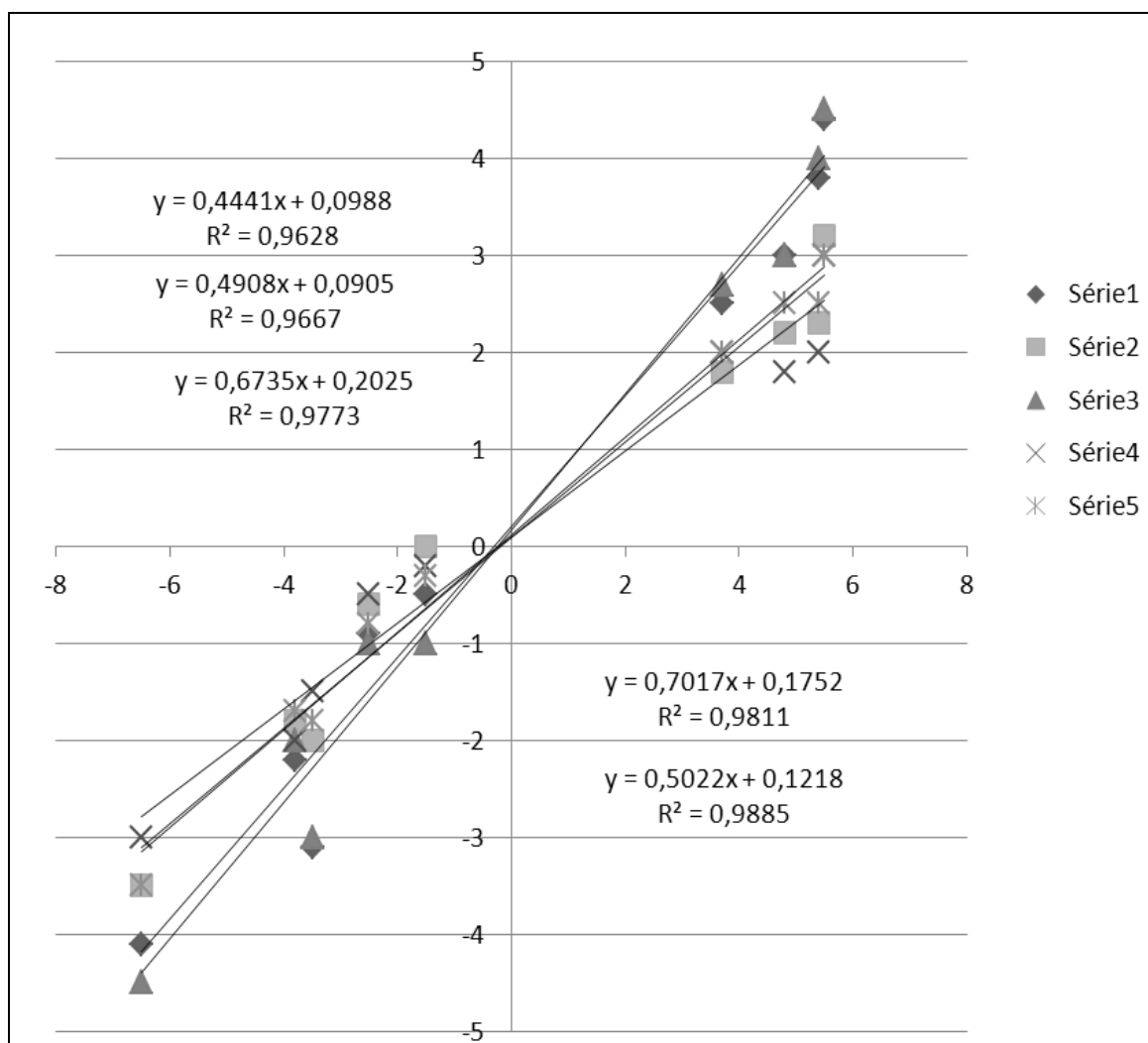
Legenda: ± média entre erosão (-) e deposição (+)

Elaboração: Francisco, A. B. (2017)

Os dados da tabela 11 apresentam destaque para os pontos 05 e 07 que apresentaram mais de 20 cm nas variações de nível do solo, sendo o ponto 07 apresentando acumulação (deposição) de sedimentos a montante da barreira B e o ponto 05 demonstrando maior taxa de erosão estando localizado de forma mais longínqua das barreiras.

A figura 89 apresenta uma forte correlação linear com coeficiente de determinação médio de $R^2 = 0,9753$.

Figura 89 – Gráfico de regressão linear com dados da parcela experimental 01.

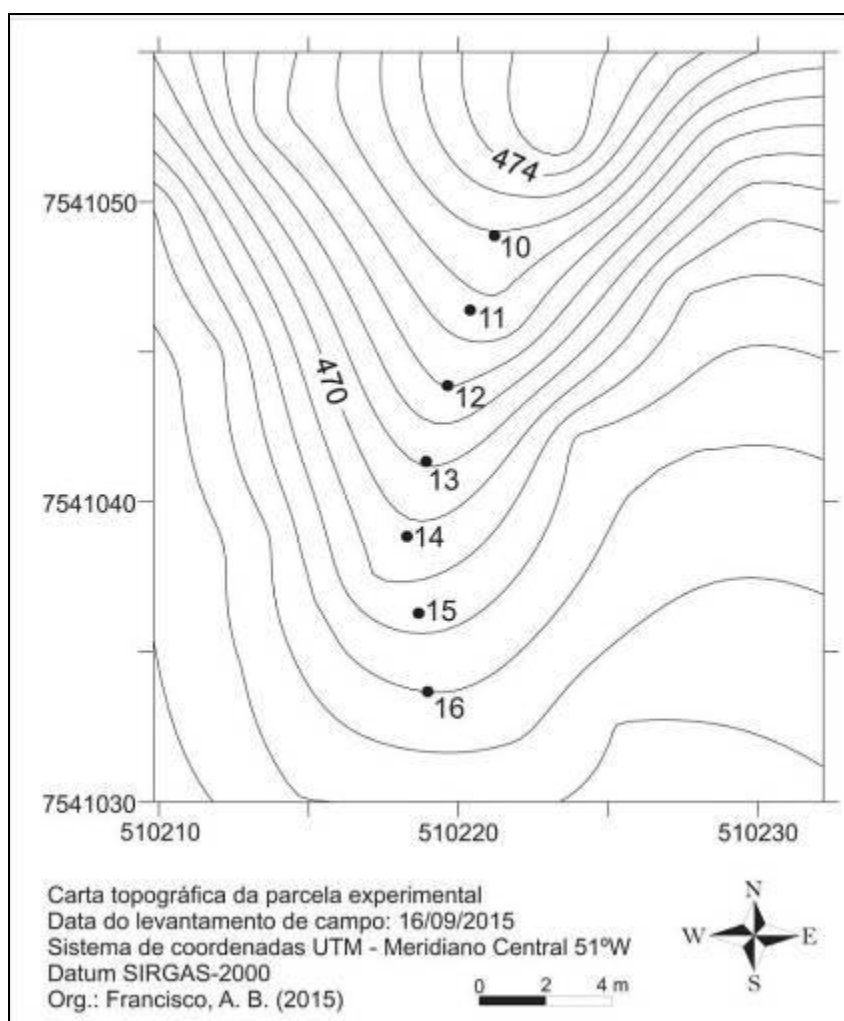


Elaboração: Francisco, A. B. (2017).

Para se analisar a eficácia das barreiras, uma parcela experimental sem as barreiras foi monitorada com terreno de declividades semelhantes ao da parcela experimental com as barreiras. A parcela experimental 01 apresenta declividade média de aproximadamente 13° e a parcela experimental 02 apresenta declividade média de aproximadamente 15° .

A figura 90 mostra a localização dos pinos de erosão na parcela experimental sem barreiras.

Figura 90 – Carta topográfica da parcela experimental 02.



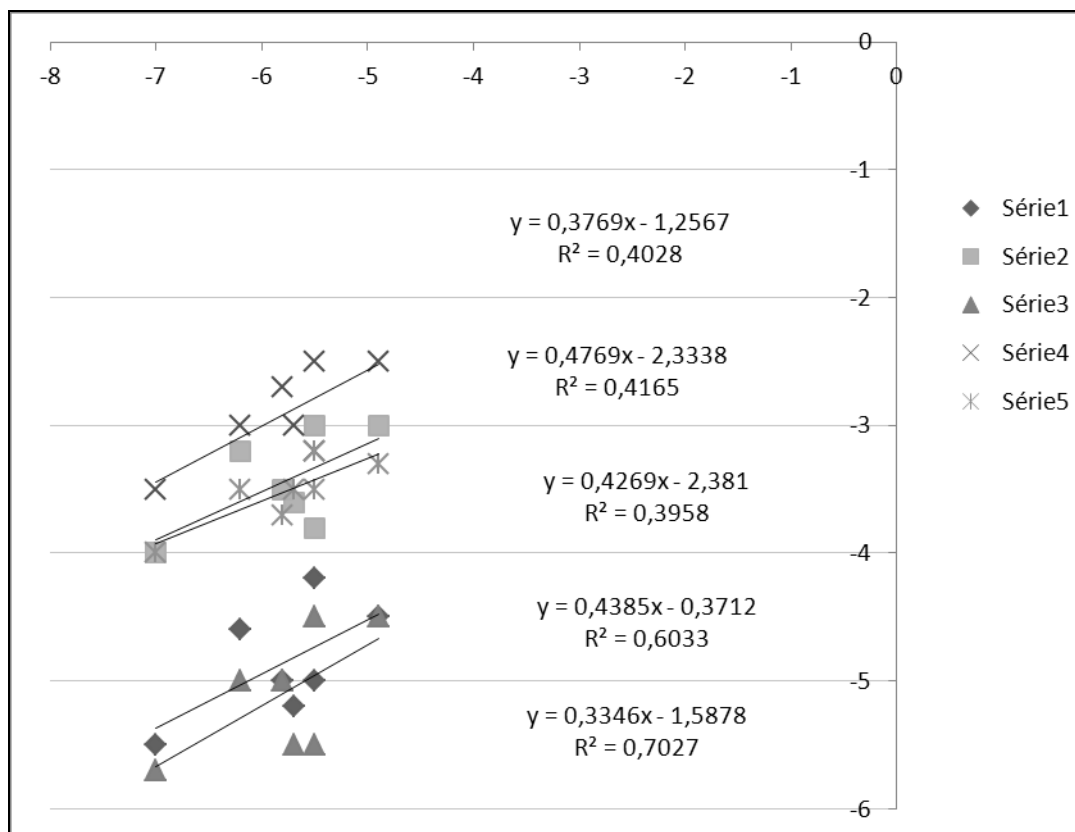
A tabela 12 mostra os níveis de perdas de solo na parcela experimental 02 (sem barreiras).

Tabela 12 – Níveis de erosão na parcela experimental 02.

Pino	Variação de nível (cm)						Σ
	Dez. 2015	Fev. 2016	Abr. 2016	Set. 2016	Dez. 2016	Fev. 2017	
10	-5,5	-5,0	-3,8	-5,5	-3,2	-3,5	-26,5
11	-5,7	-5,2	-3,6	-5,5	-3,0	-3,5	-26,5
12	-7,0	-5,5	-4,0	-5,7	-3,5	-4,0	-29,7
13	-6,2	-4,6	-3,2	-5,0	-3,0	-3,5	-25,5
14	-5,5	-4,2	-3,0	-4,5	-2,5	-3,2	-22,9
15	-5,8	-5,0	-3,5	-5,0	-2,7	-3,7	-25,7
16	-4,9	-4,5	-3,0	-4,5	-2,5	-3,3	-22,7
Média	-5,8	-4,9	-3,4	-5,1	-2,9	-3,5	-25,6
Índice pluviométrico (mm)	604,4	421,4	293,0	454,6	275,2	334,6	2.383,2

A figura 91 mostra um coeficiente de determinação média de $R^2 = 0,5042$ em decorrência da erosão linear que produz irregularidades no terreno.

Figura 91 - Gráfico de regressão linear com dados da parcela experimental 02



Elaboração: Francisco, A. B. (2017).

No período de monitoramento das parcelas experimentais a média geral de erosão foi de aproximadamente 66% superior na parcela experimental sem barreiras, do que a movimentação do solo (erosão e deposição) na parcela com barreiras, cuja situação comprova a eficiência das barreiras no controle do processo erosivo.

A figura 92 mostra a retenção de sedimentos na parcela experimental após doze meses de implantação das barreiras.

Figura 92 – Parcela experimental com barreiras após doze meses de monitoramento



Foto: Francisco, A. B. Data: 12/09/2016.

A retenção de sedimentos indica a intensidade do processo erosivo linear através do escoamento superficial concentrado. A barreira de bambus (*Bambusa bambos* L.) visa contribuir com a diminuição da velocidade do escoamento superficial e o acúmulo de sedimentos favorece a interrupção do fluxo do escoamento superficial, formando uma espécie de degraus com o acúmulo de sedimentos. Esta formação de degraus a montante das barreiras favorece a diminuição da velocidade do escoamento superficial e pode contribuir com a infiltração das águas pluviais e posterior fixação de vegetação.

9.3 Estimativa de perdas de solo nas parcelas experimentais

A partir dos níveis de variação do solo nas parcelas experimentais e dos dados de densidade do solo apresenta-se uma estimativa de perdas de solo em ambas as parcelas. A tabela 13 apresenta os dados de massa e de densidade do solo através de amostras coletadas nas parcelas experimentais.

Tabela 13 – Densidade do solo em pontos das parcelas experimentais

Amostra	Coordenadas (UTM)	Profundidade (m)	Volume do anel (cm³)	Massa do anel (g)	Massa do solo (g)	Densidade (g/cm³)
Parcela 1A	7541031 N 510173 E	0,30	43,80	60,27	77,36	1,7662
Parcela 1B	7541034 N 510181 E	1,80	42,34	59,18	78,96	1,8649
Parcela 2A	7541051 N 510220 E	0,45	45,26	60,44	85,74	1,8943
Parcela 2B	7541035 N 510218 E	2,10	43,80	60,64	88,69	2,0248

Elaboração: Francisco, A. B. (2017)

A média de densidade do solo foi de 1,89 Mg/m³ demonstrando o elevado grau de compactação do solo desta área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito, situação que indica dificuldade de infiltração das águas pluviais, e principalmente na área das parcelas experimentais onde a declividade média é de aproximadamente 14°, em condições de solo exposto favorece significativamente no desenvolvimento do processo erosivo.

A partir dos dados de área das parcelas experimentais, dos níveis de variação do solo durante 17 meses de monitoramento (tabelas 11 e 12) e da densidade do solo (tabela 13), pode-se estimar a taxa de perda de solo nas parcelas experimentais pela seguinte expressão proposta por Bertoni e Lombardi Neto (1999):

$$Ps = h.A.Ds \quad (8)$$

onde:

Ps: perda de solo em Mg;

h: nível médio de erosão em m;

Ds: densidade do solo em Mg/m^3

A partir deste cálculo, na parcela experimental com barreiras considerou a média de erosão no nível do solo de 0,127 m e uma área de 26 m^2 , resultando numa taxa de erosão de 6,24 Mg em 17 meses de monitoramento, sendo esta taxa de erosão equivalente a 4,4 Mg/ano.

Na parcela experimental sem barreiras foi considerada a média de erosão no nível de solo de 0,256 m e uma área de 30 m^2 , resultando numa taxa de erosão de 14,52 Mg em 17 meses de monitoramento, sendo esta taxa de erosão equivalente a 10,25 Mg/ano.

No estudo apresentado por Oliveira (1994), constatou-se uma estimativa de perda de solo de 42 Mg/ha/ano ²⁵ a partir das análises dos volumes do depósito tecnogênico gerado no fundo de vale do Ribeirão Rancharia com sedimentos provenientes das boçorocas urbanas de Rancharia. Neste sentido, considera-se que a presença de solo exposto em elevadas declividades promove uma perda significativa de solo nas parcelas experimentais analisadas, visto que a área de um hectare é muito superior à área reduzida das parcelas experimentais.

²⁵ Oliveira (1994) afirma uma estimativa de 4.200 $\text{t/km}^2/\text{ano}$, sendo convertido em ha.

9.4 Recuperação da área degradada com espécies vegetais

Na área da parcela experimental com barreiras foram plantadas mudas de espécies nativas, conforme foi mencionado nos procedimentos metodológicos, sendo as espécies vegetais distribuídas entre frutíferas (baba-de-boi, figueira branca, nêspera, sabão-de-soldado, urucum e uvaia) e leguminosas (acácia amarela e ingá-mirim).

A figura 93 mostra a plantio de espécie nativa próxima de uma das barreiras de bambus com a finalidade de controlar a erosão laminar na lateral da barreira.

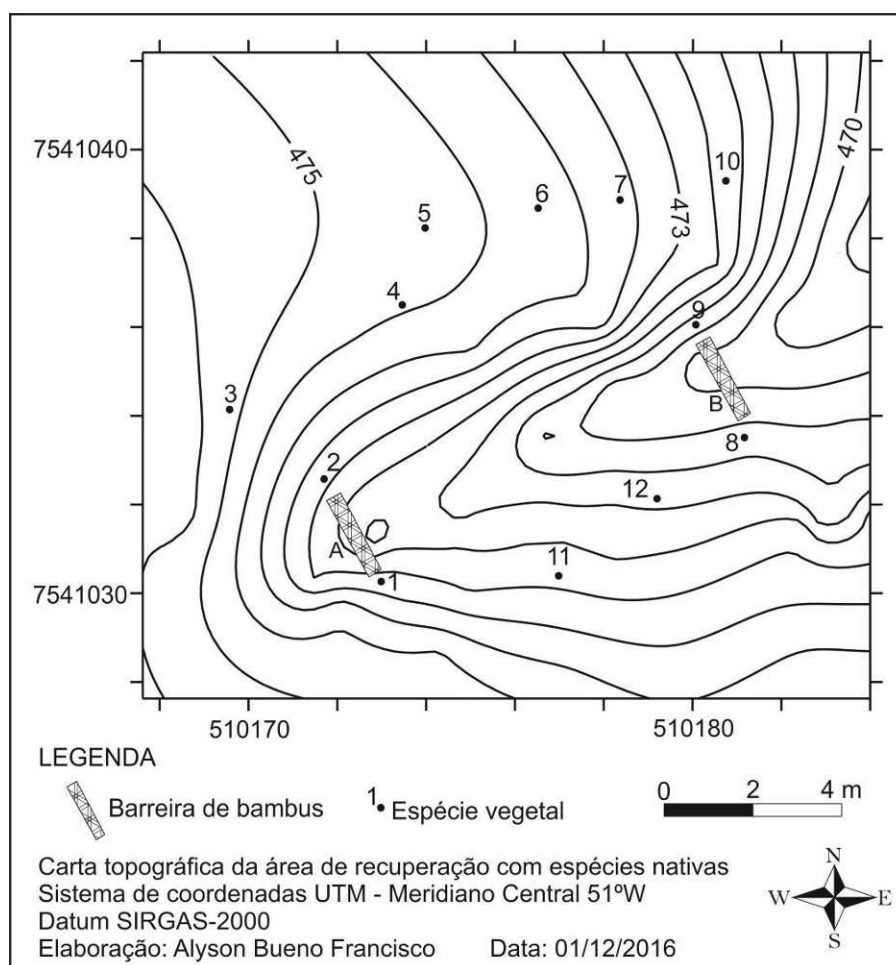
Figura 93 – Plantio de muda próximo à barreira de controle de erosão



Foto: Francisco, A. B. Data: 20/11/2016.

A distribuição das espécies vegetais plantadas na área da parcela experimental com barreiras de controle de erosão é apresentada pela figura 94.

Figura 94 – Carta de distribuição das espécies nativas na área de recuperação



A figura 95 apresenta uma espécie nativa após 04 meses de plantio na área de recuperação.

Figura 95 – Espécie plantada na área de recuperação



Foto: Francisco, A.B. Data: 20/03/2017

O tempo de nossa pesquisa no doutorado não permitiu realizar o monitoramento do desenvolvimento das mudas na área de recuperação.

A associação das técnicas mecânicas de controle da erosão com o uso de materiais e baixo custo e biodegradáveis com o plantio de espécies torna-se uma positiva iniciativa a ser utilizada conforme foram mencionados os dados de retenção de sedimentos e regeneração da vegetação na escala experimental.

Apesar da reduzida área na escala experimental de plantio de espécies, visto que a efetiva recuperação da área degradada demanda a formação da Área de Preservação Permanente e o plantio de um número maior de espécies vegetais, as espécies frutíferas plantadas contribuem na obtenção de alimentos para a fauna e consequente desenvolvimento da biodiversidade, visto que a recuperação da área degradada não pode ser exclusivamente reduzida às técnicas mecânicas do controle da erosão.

CAPÍTULO 06

CONSIDERAÇÕES FINAIS: GRANDES ESCALAS E VISITAS FREQUENTES A CAMPO - O EMPIRISMO E A PROPOSTA DE VALORIZAÇÃO PRÁTICA E INDUTIVA NA GEOGRAFIA

10.1 A importância do empirismo e da análise espaço-temporal na Geografia

A alquimia é uma arte milenar e a ousadia do homem bater as pedras, fez ele descobrir o fogo, mas se não for controlado, pode destruí-lo.

A intensidade dos fenômenos, destacando a erosão de solos, precisa ser analisada através de metodologias planejadas e com frequentes visitas a campo, condição apresentada por esta tese.

Compreender a intensidade dos fenômenos é fundamental para planejarmos os meios necessários para garantirmos nossa sobrevivência em futuros cenários preocupantes. Alteramos a intensidade dos processos ao desrespeitarmos a natureza e agora precisamos buscar alternativas para controlá-los em pequenas áreas, pois não temos como interferir nos problemas nacionais nem globais. Apesar de termos a possibilidade de apresentarmos previsões a partir dos dados empíricos, não podemos nos preocupar com aquilo ainda não ocorreu, pois isto pode nos causar impacto psicológico ou até a geração de novas ideologias.

No atual momento histórico, existem fenômenos, como o aumento da temperatura média global da troposfera, cujos dados empíricos ainda são analisados para comprovar esta hipótese, cujas causas ainda não foram totalmente evidenciadas; e devida modificação do ambiente natural pela ação humana, estes fenômenos adquiriram outras intensidades que necessitam de monitoramento, situação favorecida pelo avanço científico-tecnológico. Os avanços nas Geotecnologias são um exemplo desta condição que favorece a produção de informações cartográficas precisas e análises detalhadas dos processos.

A erosão acelerada de solos, tema desta tese, representa perdas naturais e econômicas. Assim, sua intensidade precisa ser analisada pelas dimensões espacial e temporal a fim de garantir a aplicação de experimentos, cujas metodologias podem ser utilizadas pela sociedade no controle dos processos erosivos acelerados (pequenas propriedades rurais, por exemplo). A universidade precisa desenvolver mais projetos de extensão para recuperar as áreas degradadas por erosões lineares.

O empirismo contribui no conhecimento geográfico através de suas metodologias para buscar o embasamento científico, desenvolver suas pesquisas e conquistar respeito das outras ciências. Elencam-se as áreas da Geografia e alguns exemplos de metodologias empíricas que tornam o geógrafo mais próximo de seu objeto de estudo:

a) Cartografia: mensurações topográficas, georreferenciamento de imagens orbitais e produtos cartográficos em grandes escalas;

- b) Climatologia Urbana e Meteorologia: estações meteorológicas fixas e móveis;
- c) Ensino da Geografia: atividades didáticas de trabalhos de campo com a aplicação de questionários e entrevistas;
- d) Geomorfologia: monitoramento de processos erosivos pluviais, análises hidrossedimentológicas e perfis transversais de canais fluviais;
- e) Pedologia: descrições de perfis pedológicos, coleta de solo para análises laboratoriais e levantamentos de toposequências;
- f) Biogeografia: monitoramento de áreas de revegetação e demarcação de unidades de conservação;
- g) Hidrogeografia: medições de vazão, erosão marginal de cursos d'água e mapeamentos em grandes escalas de cursos d'água;
- h) Geografia Agrária: depoimentos de movimentos sociais na luta pela terra;
- i) Geografia Urbana: relatos de vivências de movimentos urbanos;
- j) Geografia Cultural: relatos de festividades e histórias de vida;
- k) Geografia da Saúde: monitoramento da distribuição espacial de doenças;
- l) Geografia do Trabalho: relatos de fadiga e stress resultantes das jornadas;
- m) Geografia do Turismo: relatos de viagens;

Neste sentido, o empirismo está presente em metodologias quantitativas e qualitativas e torna-se necessária a busca fiel ao campo para uma aproximação cada vez maior do pesquisador com seu objeto de estudo e assim relacionar as conclusões obtidas dos resultados da pesquisa com os conceitos consolidados na Geografia.

A Geografia pode se sustentar numa proposta metodológica apoiada em resultados empíricos (dados qualitativos e quantitativos) e tornar-se uma ciência autônoma, ao invés de continuar refém de duas ciências humanas²⁶. Assim, podemos elencar as possíveis influências da Geografia através da espacialidade dos fenômenos nas seguintes ciências:

- a) Agronomia: espacialidade do desenvolvimento das plantas;
- b) Arqueologia: espacialidade dos artefatos culturais;
- c) Ciências Biológicas: espacialidade da fauna e da flora;
- d) Física: espacialidade dos eventos meteorológicos termodinâmicos;
- e) Geologia: espacialidade das formações rochosas e minerais;
- f) Psicologia: espacialidade das vivências;
- g) Medicina: espacialidade das doenças.

²⁶ Está mais do que evidente que a sociedade não é superior à natureza, mesmo com seu aparato tecnológico atual.

A análise dos fenômenos no espaço e no tempo garante uma proposta metodológica dando cientificidade à Geografia.

10.2 Aspectos intrínsecos ao meio físico

Não existem apenas fatores econômicos que influenciam no processo de erosão acelerada. A intensidade das precipitações, por exemplo, é um fator natural constatado no monitoramento da erosão de rebordo e no método dos pinos fomentado por dados empíricos nesta tese.

A escala temporal da erosão e deposição geológica no Período Quaternário envolve uma alternância de períodos secos com a deposição de sedimentos e formação de depósitos correlativos (rampas de colúvio) e períodos úmidos com o desenvolvimento de erosões lineares (incisões). Os depósitos correlativos encontram-se presentes em cabeceiras de drenagem e possuem tendência à erosão em períodos úmidos. Neste sentido, é importante considerar que o desenvolvimento das boçorocas na região de Rancharia desde a década de 1950 está relacionado não apenas ao principal fator: as mudanças no uso da terra, mas também às condições climáticas com os eventos de precipitações volumosas.

A partir desta ideia, pode-se considerar a questão da possibilidade de reativação das paleodrenagens no período de clima úmido da escala geológica.

O processo de boçorocamento retratado nesta tese foi analisado a partir de informações em superfície (sensoriamento remoto, topografia e análise dos horizontes superficiais do solo) e conforme foi mencionado no capítulo 01, este tipo de processo erosivo envolve também a dinâmica da erosão subterrânea pelos escoamentos subsuperficiais. Neste sentido, considera-se a necessidade de futuros estudos sobre as águas subterrâneas e os processos de erosão interna (*piping*).

10.3 A dinâmica espaço-temporal da boçoroca e medidas sugeridas a curto e médio prazo

A dinâmica do boçorocamento no Córrego do Grito, considerando os dados a partir de 1962, indica o desenvolvimento da erosão do tipo remontante entre as décadas de 1960 e 1990, e pelo desenvolvimento de ramificações na margem esquerda da boçoroca a partir da década de 1990.

Em suma, a dinâmica da erosão de solos exige uma pesquisa pela escala espacial, com a delimitação das áreas de risco e prioritárias para a adoção de medidas de controle da erosão. Na escala temporal, a pesquisa atua para a compreensão do processo erosivo em diferentes fases, como: a erosão remontante, as respostas às adaptações das práticas de controle da erosão urbana.

O processo de erosão remontante se desenvolveu com maior intensidade entre 1984 e 1991 e está relacionado à ampliação do escoamento superficial na bacia de contribuição com a implantação do bairro Jardim Universitário no final de década de 1970. Este processo de erosão remontante foi controlado pelas obras de macrodrenagem urbana, implantadas entre 1998 e 2000 para garantir o adequado direcionamento das águas pluviais para o curso d'água da boçoroca. Em 2015 ocorreu a retomada do processo de erosão remontante que pode ter ocorrido devido aumento da vazão proveniente de novos loteamentos implantados a partir de 2010, cujo processo de erosão remontante foi controlado com obras para implantação de galerias de macrodrenagem urbana para o direcionamento das águas pluviais para o leito de curso d'água da boçoroca.

Entre as décadas de 1990 e 2000 ocorreu a ampliação da largura da boçoroca e o desenvolvimento de ramificações da boçoroca na margem esquerda. Este processo pode estar relacionado às condições do escoamento subterrâneo e elevação da superfície freática.

Além da ampliação das ramificações e da largura, a boçoroca apresentou modificações morfológicas no canal de seu curso d'água com aumento da sinuosidade com o trabalho de erosão e deposição de sedimentos no fundo da boçoroca.

Em relação à erosão linear superficial (rebordo), analisada através de monitoramento de campo, a ação dos escoamentos subsuperficiais e a instabilidade do solo gerada nas proximidades de meandros do canal do curso d'água são fatores atuantes na dinâmica deste tipo de erosão. Apesar disso, a ação dos escoamentos superficiais e o impacto das águas pluviais são fatores que devem ser considerados na análise da erosão de rebordo, sendo influenciada pelos processos erosivos nos horizontes subsuperficiais.

A Prefeitura de Rancharia pode apresentar um projeto ao Fundo Estadual de Recursos Hídricos pelo Comitê de Bacias Hidrográficas do Médio Paranapanema, utilizando os dados geográficos contidos nesta tese, para adquirir verba na ordem aproximada de 5 milhões de reais para executar uma obra para a recuperação efetiva da área, ao invés de implantar obras paliativas de controle de erosão após períodos de chuvas volumosas. Ressalva-se que o problema não está na variabilidade climática, mas na falta de planejamento urbano que considerasse os aspectos geográficos e ambientais da área.

10.4 Contribuição das técnicas de baixo custo no controle da erosão linear e medidas sugeridas a longo prazo

A proposta de implantação de parcela experimental com uso de barreiras de bambus apresenta-se como alternativa de baixo custo para o controle de processos erosivos. Apesar da necessidade de um período maior para constatar a eficiência das barreiras, os primeiros resultados apresentaram uma tendência de diminuição de perda de solo e acúmulo de sedimentos.

A ciência atua na escala do experimental e vale a iniciativa do pesquisador em implantar medidas pequenas para cultivar grandes ideias, ou seja, o exemplo dos resultados experimentais favorece a aplicação de projetos maiores pela sociedade privada e Poder Público.

A respeito da recuperação efetiva da área degradada analisada nesta tese, considera-se que em termos fundiários a maior parte da área é de domínio privado, com a existência de duas pequenas áreas localizadas a leste de domínio do Departamento de Estradas e Rodagem (DER) e da Prefeitura de Rancharia. Neste sentido, a área de domínio público no bairro Jardim Regina precisa ser cercada para evitar a deposição de resíduos sólidos e materiais de rejeito.

A respeito da área a jusante com o desenvolvimento de ravinamentos laterais conforme foi constatado nesta tese, é necessária a implantação, por parte dos proprietários da área, de terraços em curvas de nível e bacias de captação de águas pluviais nas duas margens da boçoroca, e em relação à área já comprometida pela boçoroca é necessário manter a vegetação já regenerada e evitar a entrada de animais para implantação de Área de Preservação Permanente, com o plantio de espécies vegetais em pelo menos 30 metros de distância a partir das bordas (rupturas de declive) da boçoroca do Córrego do Grito.

Neste sentido, salienta-se a necessidade de implantação de uma política pública efetiva no município de Rancharia que evite a abertura de novos loteamentos na Área de Especial Interesse Ambiental estabelecida no Plano Diretor Ambiental e Urbanístico (Lei Municipal nº 24/2007), pois as adjacências da área degradada pela boçoroca do Córrego do Grito são cobiçadas por interesses imobiliários pela proximidade com o centro da cidade e com a Rodovia SP-284.

10.5 O mercado de trabalho do bacharel em Geografia e a necessidade de diálogo da universidade com os órgãos públicos e os institutos autônomos de pesquisas

Por causa de restrição do pensamento influenciado por concepções apenas sociais mantido nos últimos anos na universidade e pela falta de diálogo com os órgãos públicos, o profissional bacharel, que atua fora da universidade, sofreu com a perda de suas atribuições.

No Estado de São Paulo temos dois “titãs”: as universidades e os institutos autônomos de pesquisas. Ao invés de estabelecer uma disputa entre ambos, torna-se necessário um diálogo em busca do reconhecimento do conhecimento predominantemente teórico construído na universidade e do conhecimento predominantemente técnico acumulado pelos institutos autônomos, sendo ambos científicos. Os profissionais dos institutos autônomos possuem mais experiência de campo e conhecem os problemas no território de atuação, podendo assim contribuir com os pesquisadores das universidades no repensar de seus conhecimentos teóricos acumulados.

O Instituto de Terras do Estado de São Paulo (ITESP), o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), os Comitês de Bacias Hidrográficas, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Defesa Civil são órgãos e fundações que dependem de conhecimentos espaciais relacionados às questões sociais e ambientais, sendo campos promissores para a atuação dos geógrafos.

O geógrafo, pesquisador ou bacharel, pode realizar cursos para seu aprimoramento adquirido durante a graduação e as universidades poderiam dialogar para apoiar a inserção de seus formandos no ingresso ao mercado de trabalho.

No Conselho Federal de Engenharia e Agronomia (CONFEA/CREA), a Geografia está na mesma área da Agrimensura, e infelizmente por conta da falta de esforços para trazer conhecimento quantitativo à Geografia, esta foi perdendo atribuições na disputa pelo mercado de trabalho. Logo, poderíamos pensar em criar um conselho próprio, como os colegas arquitetos e urbanistas fizeram, mas mesmo assim, apenas os conhecimentos em metodologias qualitativas não são necessários para consolidar a atuação no mercado, pois a área ambiental principalmente exige metodologias quantitativas, mas não se esqueçam de pensar também em ideias metodológicas.

O geógrafo, sendo um profissional qualificado e autônomo, precisa dialogar com as outras áreas e assim se deparar com problemas fora dos muros das universidades.

10.6 Conclusões: o fim do medo de ir a campo – ser prático e o uso da criatividade a partir dos resultados empíricos

O espaço geográfico é diferenciado, possui toda sua diversidade e erramos ao fazer generalizações sem investigar a particularidade de cada lugar. Assim, precisamos evitar produzir informações apenas através de dados secundários.

A “Força do Lugar”, mencionada por Milton Santos (2002), torna importante o repensar sobre o método empirista e indutivo, devido particularidades de cada lugar, inclusive nesta tese apresento um problema de minha cidade e aponto propostas para possíveis soluções do problema. Trazer o empirismo baconiano para a Geografia foi resultado de minha experiência de vida pela minha indução e apego à minha terra natal, e principalmente quando saí da universidade para adquirir conhecimento técnico, trabalhei na prefeitura de Rancharia.

Os pesquisadores podem escolher se querem atuar no campo da dedução ou da indução, no entanto, sugere-se para o início da carreira, que comecem por pesquisas indutivas e a partir de seus resultados empíricos, buscar a posterior construção de teorias, e assim evitar conclusões precipitadas a partir da interferência de referenciais teóricos antes da análise de seus resultados. Sugere-se que os pesquisadores mais experientes, após árduos trabalhos de campo, podem realizar estudos na escala do regional e até nacional, e de cunho epistemológico devido sua jornada por várias orientações e questionamentos ao longo da carreira.

Através da construção metodológica e do zelo na elaboração das pesquisas, o geógrafo pode tornar seus estudos de caso em referências, para conquistar prestígio em outras áreas do conhecimento. O rigor metodológico exigido pelos órgãos de fomento à pesquisa contribui com o amadurecimento intelectual e torna-se necessário no progresso de nossas ideias, cujo esforço na aplicação das metodologias empíricas garante a busca pelos resultados primários e o repensar das concepções teóricas.

Nossa intenção é tornar a Geografia uma ciência gigante para influenciar as Engenharias e fazer que este ramo considere o conhecimento geográfico na elaboração dos projetos para evitar a criação de novos problemas. A intenção de entrar no “labirinto” para acharmos a saída e resolver talvez o nosso problema, é uma boa ideia para nossa vida.

Na proposta escalar kantiana, a Geografia foi uma ciência empírica e sintética, mas dependia de dados coletados por outras ciências. Neste sentido, propõe-se buscar os dados empíricos com conhecimentos próprios e assim garantir o status científico à Geografia.

Durante décadas, no ordenamento do território com as propostas de regionalização, os geógrafos utilizaram seu conhecimento para atuar no planejamento regional e territorial nas escalas nacional e regional, mas atualmente os municípios (planejamento local) precisam destes profissionais, para valorizar o conhecimento técnico, como por exemplo: na produção de cartas em grandes escalas e desenvolvimento de Sistemas de Informações Geográficas para o cadastro de informações espaciais das cidades.

Ao partir do exemplo da pesquisa sobre processos erosivos lineares, no início da carreira o pesquisador pode realizar monitoramentos de campo e posteriormente após suas análises realizar mapeamentos na escala do regional.

A ciência não resolve os problemas, pois depende da política que possui poder para resolvê-los ou criar novos problemas. No entanto, a ciência precisa aproximar-se da realidade fora dos muros da universidade através do empirismo, na escala experimental, e tornar os esforços em trabalhos acessíveis aos órgãos públicos para contribuir com as mudanças necessárias para amenizar ou resolver de forma concreta os problemas. Os pesquisadores, os engenheiros e os técnicos com a proeminência do conhecimento fazem o planejamento e apresentam propostas, mas a solução fica a cargo do interesse dos políticos utilizarem os recursos públicos para amenizar ou resolver os problemas. Se os políticos não pedirem corretos conselhos técnicos, o risco de fazer coisas erradas é maior.

Muitos pesquisadores se deixam influenciar por concepções restritamente sociais e econômicas (de dimensões nacionais e internacionais, principalmente) e acham que toda a realidade é um problema, pois para eles a solução é a superação dessa realidade econômica. A natureza existe há 4,65 bilhões de anos A.P. e a realidade econômica dominante apenas há alguns séculos. Bacon viveu num período quando os políticos cobravam soluções para problemas que não tinham solução pela falta de tecnologia.

Ao invés dos pesquisadores quererem formar seguidores para suas concepções ideológicas, torna-se necessário o repensar das ideias a partir de conclusões adquiridas pelos resultados das experiências empíricas e o diálogo é sempre importante com as outras áreas do conhecimento.

Ao invés de nos preocuparmos com problemas nacionais e regionais que dependem de questões políticas, que nós pesquisadores não temos como interferir, deveríamos fazer esforços para resolver nosso próprio problema metodológico e contribuir com nossa ciência geográfica buscando uma proximidade do campo científico com o desenvolvimento de nossas metodologias.

Aristóteles nunca pegou numa enxada, usava ópio e ainda justificou a escravidão no Mundo Ocidental com ideias abstratas na obra *A Política*.

O Barão Inglês, apesar de ter sido corrupto, considerado mercenário por muitos, possuía grandes ideias e pode contribuir no repensar da Geografia diante da necessidade de busca pela cientificidade e proximidade com os problemas de cunho social e ambiental. O exorcismo do Barão Inglês pode apoiar na contribuição da Geografia em outras áreas do conhecimento.

Os pesquisadores dos outros métodos epistemológicos (hipotético-dedutivo, materialismo histórico-dialético e fenomenologia) podem associar o empirismo às suas concepções e contribuir com o avanço da ciência geográfica, repensando suas propostas. Cada pesquisador escolhe qual o método irá utilizar através de suas metodologias e resultados.

Bacon é bacana. O Barão Inglês, alquimista criativo, escrevia peças teatrais e sorrir é o melhor remédio. Muitos acreditam ser Bacon o autor das obras de Shakespeare e ele havia criado um problema para Romeu e Julieta: não poderiam se casar porque suas famílias eram rivais e naquela época, isso era um problema. Para resolver o problema, deu um final diferente: o suicídio recíproco, para que ambos ficassem juntos para sempre.

Ao se casar, as pessoas assumem um problema: como viver junto para o resto da vida? A tentativa assumida no casamento contribui no amadurecimento pessoal e intelectual.

Francisco tira Bacon das profundezas do inferno.

Saber não é poder para dominar, nem explorar a natureza. A Geografia pode contribuir na transformação da realidade, mas precisa apresentar dados empíricos para fomentar suas propostas. O conhecimento nos fornece apoio para contribuímos na apresentação de propostas para recuperar as áreas que foram degradadas após décadas de má utilização dos recursos naturais, dentre estes: o solo.

O prefeito de minha cidade disse que iria resolver o problema da boçoroca. Apresentei as análises e as propostas que foram planejadas para elaboração desta tese, estou mais tranquilo quanto a isso.

Os pesquisadores mais experientes possuem conhecimento maior e podem apresentar soluções para os problemas epistemológicos e metodológicos através de seus questionamentos e debates.

Quanto mais difíceis forem os problemas, mais aprimoramos nosso conhecimento nas tentativas de resolvê-lo.

Nosso principal objetivo é contribuir com o crescimento da Geografia.

Bom trabalho e um abraço a todos!

11 REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, 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.
- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê, 2003.
- AISSE, M. M. Drenagem urbana. In: FENDRICH, R.; OBLADEN, N. L.; AISSE, M. M.; GARCIAS, C. M. (org.) **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4.ed. Curitiba: Champagnat, p. 195-265, 1997.
- ALMEIDA FILHO, G. S.; COSTA, S. B.; HELLMMEISTER JÚNIOR, Z.; GOMES, C. L. R.; FROTA, A. S. Processos erosivos lineares no Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, Natal, 35., **Anais...**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.
- ARAÚJO, P. R.; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. Análise da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial. In: TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. (org.) **Avaliação e controle da drenagem urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, p. 351-362, 2000.
- ARISTÓTELES. **A Política**. São Paulo: Atena, 1955, tradução de Nestor Silveira Chaves.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Execução de levantamento topográfico**. NBR 13.133. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1994.
- AUGUSTIN, C. H. R. R.; ARANHA, P. R. A. Piping em área de boçorocamento, Noroeste de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 07, n. 01, p. 09-18, 2006.
- BACCARO, C. A. D. Processos erosivos no domínio do Cerrado. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (org.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.195-227, 1999.
- BACELLAR, L. A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de boçorocamento na bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto-MG**. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000, 226 f.
- BACON, F. **Novum Organum: ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza**. São Paulo: Nova Cultural, 1997, tradução de José Aluysio Reis de Andrade.
- BACON, F. **O progresso do conhecimento**. São Paulo: Editora da UNESP, 2007, Tradução de Raul Fiker.
- BENNETT, H. H. **Elements of soil conservation**. 2.ed. Tokyo: Kogakusha Company, 1953.

BERTOLINI, D.; LOMBARDI NETO, F. Controle de boçorocas. In: BERTOLINI, D.; KROLL, F. M.; LOMBARDI NETO, F.; CRESTANA, M. S. M.; DRUGOWICH, M. I.; ELIAS, R.; CORREA, R. O.; BELLINAZZI JÚNIOR, R. (org.) **Manual técnico de manejo e conservação do solo e água**. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica e Integral, 1994, v. 5 p. 25-30.

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. (org.) **El pensamiento geográfico**. Madrid: Alianza Editorial, p. 461-464, 1982.

BITTENCOURT, I. Elementos de aerofotogrametria. In: MONIZ, A. C. **Elementos de Pedologia**. São Paulo: Polígono, Editora da Universidade de São Paulo, p. 409-427, 1972.

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.

BRASIL. Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Lex**: Presidência da República, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.html> Acesso em: 18 jan. 2015.

BUNTING, B. T. **Geografia dos solos**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1971, Tradução de T. S. Newlands.

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 n. 106, Campinas, 2009.

CAMPAÑA, S. M. **Manual de control de erosión**. Santiago: Corporación Nacional Florestal, Agência de la Cooperación Internacional del Japon, 2009.

CARSON, H. A.; KIRKBY, M. J. **Hill slope form and process**. Cambridge: University Press, 1972.

CASSETI, V. **Estudo dos efeitos morfodinâmicos pluviais no planalto de Goiânia**. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1983.

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

CASSETI, V. Fisiologia da paisagem. In: CASSETI, V. **Geomorfologia**. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/cap4/index.php>> Acesso: 15 abr. 2014.

CASTRO, S. D. A. Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. **Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales**. Barcelona, n. 60, 2000. Disponível em: <<http://www.ub.es/geocrit/sn-60.html>> Acesso: 08 abr. 2014.

CENTRO TECNOLÓGICO DA FUNDAÇÃO PAULISTA DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIA. **Estudo de macrodrenagem do município de Rancharia-SP**. Lins: Fundação Paulista de Educação e Tecnologia, 2008.

CRAY, D. H.; SUTIR, R. B. **Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control**, New York: John Wiley, 1996.

COLÂNGELO, A. C. Metodologia em Geografia Física: ciência, tecnologia e Geomorfologia Experimental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 11, p. 47-56, 1997.

COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO MÉDIO PARANAPANEMA. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos**. Marília: Comitê da Bacia Hidrográfica do Médio Paranapanema, dez. 2013.

CORREIA, S. A. C. **Rancharia: fatos e fotos**. Disponível em: <<http://rancharia-fatos-fotos.blogspot.com.br>> Acesso em: 25 nov. 2014.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Controle de erosão: bases conceituais e técnicas, diretrizes para planejamento urbano e regional, orientações para o controle de boçorocas urbanas**. 2.ed. Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, 1990.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Governo do Estado vai recuperar erosões em Paraguaçu Paulista**. 22 jun. 2012. Disponível em: <<http://www.daee.sp.gov.br/>> Acesso em: 26 mai. 2014.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Dados pluviométricos do posto D7-065**. Disponível em: <<http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br>> Acesso em: 11 fev. 2016.

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., p. 63-108, 1980.

DÍAZ, J. S. **Control de erosión en zonas tropicales**. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial del Santander, 2001.

EL-SWAIFY, S. A.; DANGLER, E. W.; ARMSTRONG, C. L. **Soil erosion by water in tropics**. Honolulu, Hawaii, United States of America, University of Hawaii, 1982, Disponível em: <http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnaar134.pdf> Acesso em: 23 nov. 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solo (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999, 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Controle dos processos erosivos lineares (ravinas e voçorocas) em áreas de solos arenosos**. Jaguariúna, Circular Técnica, n. 22, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Como plantar árvores nativas em Áreas de Preservação Permanente**. Folheto. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br>> Acesso em: 21 nov. 2016.

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

FIGUEIREDO, V. **Kant e a crítica da razão pura**. 2.ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora, 2010.

FONZAR, B. C. **O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta Sorocabana**: um teste aplicado a Presidente Prudente. Dissertação (Mestrado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1981, 156f.

FRANCISCO, A. B. **O processo de voçorocamento no perímetro urbano de Rancharia-SP**: sua dinâmica e as propostas de recuperação. Dissertação (Mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista, 2011, 120f.

FREIRE, O. **Solos das regiões tropicais**. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, 2006.

FREIRE, O.; PESSOTTI, J. E. S. Erodibilidade dos solos do Estado de São Paulo. **Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**, Piracicaba, v. 31, p. 333-350, 1974.

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, p. 12-15, 1969.

GERSCOVICH, D. M. S. **Estruturas de contenção**. Rio de Janeiro: Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, 2008.

GROHMANN, F.; CATANI, R. A. O empobrecimento causado pela erosão e pela cultura algodoeira no solo do Arenito Bauru. **Bragantia**, Campinas, v.09, p. 125-132, 1949.

GUERRA, A. J. T. Processos erosivos nas encostas. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p. 149-209, 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.

HORTON, R.E. Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology. **Geological Society of America Bulletin**, v.56, n.3, p.275-370, 1945.

HUME, D. **Tratado da natureza humana**: uma tentativa de introduzir o método experimental de raciocínio nos assuntos morais. 2.ed. São Paulo: Editora da UNESP, 2009, tradução de Débora Danowski.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Rancharia**: informações completas. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/painel/painel.php?codmun=354220>> Acesso em: 19 ago. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **El Niño 2015/2016 é o segundo mais forte em 66 anos**. Disponível em <<http://www.climatempo.com.br>> Acesso em: 20 dez. 2016.

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 - Síntese**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas; Departamento de Águas e Energia Elétrica. (Relatório Técnico 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, Parecer Técnico n. 7.146, 1997.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Cadastramento de pontos de erosão e inundação no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2012 (Relatório Técnico nº 131.057-205).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Programa de apoio tecnológico prestará serviços voltados ao meio ambiente e à infraestrutura no interior paulista. **Notícias IPT**, 2014. Disponível em: <<http://www.ipt.br/noticia/847.html>> Acesso em: 06 jan. 2017.

IWASA; O. Y.; PRANDINI, F. L. Diagnóstico da origem e evolução de boçorocas: condição fundamental para a prevenção e correção. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSIÃO, Curitiba, **Atas...**, São Paulo, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1980, p. 05-34.

JABLONSKY, T.; VIEIRA, M. C. **Fotografias de campo de 1960**. Acervo da Biblioteca Virtual do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php>> Acesso em: 25 nov. 2014.

KARMANN, I. Ciclo da água: água subterrânea e sua ação geológica. In: TEIXEIRA, W.; TOLEDO, M. C. M.; FAIRCHILD, T. R.; TAIOLI, F. (org.) **Decifrando a Terra**. São Paulo: Oficina de Textos, p. 113-138, 2000.

KERTZMAN, F. F.; OLIVEIRA, A. M. S.; SALOMÃO, F. X. T.; GOUVEIA, M. I. F. Mapa de erosão do Estado de São Paulo. **Revista do Instituto de Geociências**, São Paulo, volume especial, p. 31-36, 1995.

LAFLEN, J. M.; MOLDENHAUER, W. C. **The Story USLE**: pioneering soil erosion prediction. Beijing, China: World Association of Soil and Water Conservation, 2003.

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.

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

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.

LEOPOLD, L. B. Hydrology of urban land planning: a guidebook on the hydrologic effects of urban land use. **Geological Service Circular**, n. 554, Washington D.C., United States Department of Interior, 1968.

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

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas do mundo**: do neolítico à crise contemporânea. São Paulo: Editora da Unesp, 2008.

MENDONÇA, J. K. S. **Uso sustentável de espécies de palmeiras da APA da Baixada Maranhense para controle e recuperação de áreas degradadas por erosão**. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade de Ecossistemas), Universidade Federal do Maranhão, 2006, 80p.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. G. The expansion of Brazilian agriculture: soil erosion scenarios. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 01, n. 03, p. 37-48, 2013.

MIGUEL, F. R. M.; VIEIRA, S. R.; GREGO, C. R. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob a pastagem em função da intensidade de pisoteio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, n. 11, v. 44, p. 1513-1519, 2009.

MODAELLI, S. D. O.; PRANDI, E. C.; 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.

MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1984.

MONTGOMERY, D. R. Soil erosion and agricultural sustainability. **Pnas**, n. 33, v. 104, 2007. Disponível em: <<http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0611508104>> Acesso: 21/03/2014.

MORGAN, R. P. C. **Soil erosion and conservation**. 3.ed. Oxford: Blackwell Publishing, 2005.

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 Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2002, 220f.

OLIVEIRA, A. M. S. **Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios: exemplo do Reservatório de Capivara, Rio Paranapanema, SP/PR**. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 1994, 211f.

OLIVEIRA, A. M. S.; BRANNSTROM, C.; NOLASCO, M. C.; PELOGGIA, 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. (org.) **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos, p. 363-377, 2005.

OLIVEIRA, J. B.; CAMARGO, M. N.; ROSSI, M.; CALDERANO FILHO, B. **Mapa pedológico do Estado de São Paulo**. Escala: 1: 500.000, Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1999.

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), Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

POESEN, J. Challenges in gully erosion research. **Landform Analysis**, v.17, p. 05-09, 2011.

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

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 da Universidade Estadual Paulista, 1999.

QUEIROZ NETO, J. P. Análise estrutural da cobertura pedológica: uma experiência de ensino e pesquisa. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, p. 77-90, 2002.

RANCHARIA. Lei nº 239, de 21 de setembro de 1981. **Lex: Município de Rancharia** Disponível em: <http://www.camararancharia.sp.gov.br/leis_1981/lei_239_1981.pdf> Acesso: 26 nov. 2014.

RANCHARIA. Lei nº 329, de 17 de julho de 1982. **Lex:** Município de Rancharia Disponível em: <http://www.camararancharia.sp.gov.br/leis_1982/lei_329_1982.pdf> Acesso: 28 nov. 2014.

RANCHARIA. Lei nº 24, de 25 de junho de 2007. Dispõe sobre o Plano Diretor Urbanístico e Ambiental e o sistema e processo de planejamento e gestão do desenvolvimento do Município de Rancharia. **Lex:** Município de Rancharia Disponível em: <http://www.camararancharia.sp.gov.br/leis_2007/lei_024_2007.pdf> Acesso: 21 nov. 2013.

RANCHARIA. Lei nº 30, de 08 de agosto de 2012. Institui o Plano Ambiental Estratégico do Município de Rancharia e dá outras providências. **Lex:** Município de Rancharia. Disponível em: <http://www.camararancharia.sp.gov.br/leis_2012/lei_030_2012.pdf> Acesso: 05 dez. 2013.

RIDENTE JÚNIOR, J. L. **Prevenção e controle da erosão urbana:** Bacia do Córrego do Limoeiro e do Córrego do Cedro, municípios de Presidente Prudente e Álvares Machado, SP. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000, 129f.

ROMANESCU, G.; VENEDICT, B.; COTIUGA, V.; ASANDULESEI, A. Use of the 3-D scanner in mapping and monitoring the dynamic degradation of soils: case study of the Cucuteni-Baiceni Gully on the Moldavian Plateau (Romania). **Journal Hydrology and Earth System Sciences** (online), n. 08, p. 6907-6937, 2011. Disponível em: <<http://www.hydrol-earth-syst-sci.net/16/953/2012/hess-16-953-2012.html>> Acesso em: 13 ago. 2014.

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. (org.) **Terra:** feições ilustradas. 3.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.

SAIA, B. Empresa é contratada para conter cratera em avenida de Rancharia. **O Imparcial.** Disponível em: <http://www.impacial.com.br> Acesso em: 09 set. 2015.

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.

SALLUN, A. E. M.; SUGUIO, K. Depósitos quaternários da região entre Marília e Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, n. 36, v. 03, p. 385-395, 2006.

SALOMÃO, F. X. T. **Processos erosivos lineares em Bauru (SP):** regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. Tese (Doutorado em Geografia Física), Universidade de São Paulo, 1994, 220 f.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental:** conceitos e métodos. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SANTOS, M. O espaço geográfico, um híbrido. In: **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 5.ed. São Paulo: Edusp, p. 89-110, 2002.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. **Listagem oficial de espécies nativas produzidas em viveiros florestais dos diversos biomas do Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/2011/12/list_especienativa.doc> Acesso em: 18 nov. 2016

SOLERA, M. L. **Avaliação de técnicas da bioengenharia de solos para proteção de taludes**: estudo de caso para aplicação nas encostas do reservatório da barragem da UHE Eng. Sérgio Motta, Rio Paraná, SP/MS. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 2010, 71p.

SPONGA, M.; COELHO, I. Recuperação de boçoroca no Jardim Botânico em Goiânia com uso de técnicas de engenharia naturalística. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 7., **Anais...**, Goiânia, 2001.

SUDO, H. **Bacia do Alto Rio Santo Anastácio**: estudo geomorfológico. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, 1980, 235f.

SUDO, H. A problemática da erosão em solos derivados do Arenito Bauru na Região Extremo Oeste do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 2., **Anais...**, São Paulo, 1981.

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. Geografia Física e Geomorfologia: tema para debate. **Revista da Anpege**, v. 5, p. 17-26, 2009.

TEIXEIRA, D. C. F. **O clima urbano de Rancharia (SP)**. Dissertação (Mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, 2015, 217f.

TOMMASELLI, J. T. G.; FREIRE, O.; 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. As discontinuidades nos fenômenos da erosão. **Notícia Geomorfológica**, Campinas, n. 12, v. 06, p. 03-14, 1966. Tradução de Antonio Christofolletti.

TROLL, C. El paisaje geográfico y su investigación. In: MENDOZA, J. G. et al. (org.) **El pensamiento geográfico**. Madri, Espanha: Aliança Editorial, p. 323-329, 1982.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de águas pluviais urbanas**. Brasília: Ministério das Cidades, 2005.

TUCCI, C. E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

VERTICAL GREEN DO BRASIL. Obras em Mato Grosso do Sul. Disponível em: <<http://www.verticalgreen.com.br/obras/mato-grosso-do-sul>> Acesso em 15 ago. 2014.

VIEIRA, N. M. **Estudo geomorfológico das boçorocas de Franca, SP**. Franca: Instituto de História e Serviço Social, Universidade Estadual Paulista, 1978.

WHITE, R. E. **Princípios e práticas da Ciência do Solo**: o solo como um recurso natural. 4.ed. São Paulo: Editora Andrei, Tradução de Iara Fino Silva e Durval Dourado Neto, 2009.

WHITE, D. G.; CHILDERS, N. F. Bamboo for controlling soil erosion. **American Society of Agronomy**, n. 37, p. 839-847, 1945.

WILKINSON, B. H.; MCELROY, B. J. The impact of humans on continental erosion and sedimentation. **Geological Society of America Bulletin**, n.119, p. 140-156, 2007.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall-erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: Guide of selection of practices for soil and water conservation. **Agriculture Handbook**, n. 282, Washington D.C., United States Department of Agriculture, 1965.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. **Agriculture Handbook**, n. 537, Washington D.C., United States Department of Agriculture, 1978.

12 APÊNDICE

Tabela 14 – Índices pluviométricos mensais (mm) e EI₃₀ mensais (MJ.mm.h/ha/ano) nos anos chuvosos em Rancharia-SP.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1972	161,8	303,5	150,5	89,4	123,2	4,9	119,4	73,6	78,1	362,1	186,1	206,0	1858,6
1976	196,8	234,7	172,5	75,3	125,8	85,7	59,8	116,3	96,9	140,3	144,3	239,0	1687,4
1982	246,3	205,0	202,2	61,7	59,0	105,7	68,7	27,0	19,4	241,6	188,6	307,7	1732,9
1983	413,5	133,1	176,6	102,0	194,7	156,6	7,1	0,0	219,8	117,8	138,3	245,1	1904,6
1989	294,1	228,0	196,4	15,6	44,7	99,1	120,3	63,4	112,0	95,8	137,1	338,3	1744,8
2002	236,0	245,6	125,6	13,8	246,0	0,0	50,4	61,6	58,2	63,4	333,8	219,4	1653,8
2009	432,0	107,6	64,1	35,6	25,6	53,9	118,5	86,4	149,8	226,0	241,3	265,4	1806,2
Média	282,9	208,2	155,4	56,2	117,0	72,3	77,7	61,2	104,9	178,1	195,6	260,1	1769,8
Máx.	432,0	303,5	202,2	102,0	246,0	156,6	120,3	116,3	219,8	362,1	333,8	338,3	1904,6
Min.	161,8	107,6	64,1	13,8	25,6	0,0	7,1	0,0	19,4	63,4	137,1	206,0	1653,8
dp.	104,1	67,5	48,1	35,3	81,4	56,6	43,5	38,2	65,2	104,2	71,5	47,7	90,9
Rc	48,40	26,21	14,60	1,91	8,28	3,16	3,65	2,26	6,65	19,19	23,14	40,92	
EI₃₀	1781	1149	757	177	505	254	282	200	432	920	1052	1580	9088
EI ₃₀ %	19,6	12,6	8,3	1,9	5,6	2,8	3,1	2,2	4,8	10,1	11,6	17,4	100,0

Elaboração: Francisco, A.B.; Tommaselli, J.T.G. (2016).

Tabela 15 – Índices pluviométricos mensais (mm) e EI₃₀ mensais (MJ.mm.h/ha/ano) nos anos-padrão em Rancharia-SP.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1945	244,9	197,2	102,4	37,7	11,9	232,1	97,4	7,2	51,6	74,0	83,3	137,9	1277,6
1946	264,5	296,8	116,2	58,3	107,4	37,0	106,1	0,0	48,1	126,1	72,5	123,1	1356,1
1948	214,0	320,9	45,1	2,4	39,7	0,0	119,5	16,0	83,0	95,3	166,0	113,2	1215,1
1951	399,5	70,5	230,5	5,0	24,2	66,1	0,0	35,0	8,7	84,9	219,1	92,8	1236,3
1956	139,9	129,0	77,0	100,2	178,5	155,9	91,8	67,9	84,0	88,7	27,8	136,8	1277,5
1957	94,9	182,5	127,0	86,3	7,8	45,3	202,5	48,5	165,1	78,0	78,4	126,3	1242,6
1958	100,6	56,9	200,9	115,8	76,5	102,5	27,9	17,0	104,8	93,9	150,8	171,4	1219,0
1962	160,7	141,2	227,8	65,8	76,9	68,8	13,5	39,7	48,4	308,4	65,7	183,5	1400,4
1964	69,4	440,9	162,1	10,1	30,5	52,8	29,3	39,3	38,5	136,4	124,8	279,0	1413,1
1965	235,1	208,6	141,9	53,8	115,3	41,2	50,3	29,7	108,3	82,5	61,7	231,5	1359,9
1968	482,4	28,0	70,7	37,7	19,8	38,9	9,4	42,5	48,3	233,0	152,2	135,3	1298,2
1970	121,5	134,9	99,5	69,2	80,1	111,3	23,7	131,5	73,4	201,6	52,7	122,2	1221,6
1971	199,1	178,2	73,5	45,5	79,4	168,7	94,0	0,0	110,7	94,0	26,4	271,9	1341,4
1973	405,4	96,3	82,5	11,9	84,5	52,8	59,1	65,2	50,2	77,6	132,1	286,9	1404,5
1977	265,8	62,4	150,5	43,5	10,0	66,8	1,8	11,0	47,2	80,1	243,6	228,6	1211,3
1979	39,9	124,6	64,3	86,3	116,9	0,1	53,7	44,8	190,6	74,2	184,7	216,4	1196,5
1987	234,5	212,6	31,5	86,0	150,2	76,2	28,5	6,3	113,7	96,2	227,6	79,7	1343,0
1990	392,9	34,2	117,3	71,8	58,2	10,2	93,4	127,7	109,2	79,0	99,7	160,6	1354,2
1992	26,7	107,8	277,3	166,8	124,5	9,4	9,2	20,7	206,9	105,3	252,0	54,4	1361,0
1993	140,8	342,1	95,6	99,3	102,2	45,0	4,6	52,3	34,6	71,9	80,8	209,7	1278,9
1994	290,6	210,2	156,6	168,6	46,1	55,9	17,3	0,0	21,5	80,0	115,4	95,0	1257,2
1995	249,8	206,0	78,8	61,9	24,2	55,2	27,2	0,0	52,1	151,8	83,5	194,7	1185,2
1999	290,3	342,8	109,8	68,8	50,4	56,1	7,6	0,0	41,7	31,6	53,5	180,5	1233,1
2005	397,8	40,0	50,4	131,2	98,1	66,6	19,2	17,8	139,3	179,3	59,3	155,4	1354,4
2006	175,8	251,5	101,0	100,4	34,8	14,7	21,8	10,6	77,8	72,8	73,5	292,4	1227,1
2007	439,9	218,6	99,6	26,9	40,5	0,9	203,4	0,7	13,5	29,0	103,1	103,5	1279,6
Média	233,7	178,3	118,8	69,7	68,8	62,7	54,3	32,0	79,7	108,7	115,0	168,6	1290,2
Max	482,4	440,9	277,3	168,6	178,5	232,1	203,4	131,5	206,9	308,4	252,0	292,4	1413,1
Min	26,7	28,0	31,5	2,4	7,8	0,0	0,0	0,0	8,7	29,0	26,4	54,4	1185,2
dp.	127,6	107,9	60,9	44,7	45,8	54,8	56,9	35,6	52,3	62,0	66,1	67,4	70,3
Rc	43,96	25,57	11,37	3,91	3,81	3,16	2,37	0,82	5,11	9,50	10,64	22,87	
EI30	1663	1129	633	295	290	254	207	97	358	557	604	1043	7129
EI30%	23,3	15,8	8,9	4,1	4,1	3,6	2,9	1,4	5,0	7,8	8,5	14,6	100,0

Elaboração: Francisco, A.B.; Tommaselli, J.T.G. (2016).

Tabela 16 – Índices pluviométricos mensais (mm) e EI₃₀ mensais (MJ.mm.h/ha/ano) nos anos secos em Rancharia-SP.

Ano	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	Total
1949	80,1	212,5	59,7	35,4	41,0	67,8	2,0	12,1	22,9	59,5	72,1	265,3	930,4
1952	118,2	125,2	136,6	18,3	0,0	63,8	3,2	23,8	50,5	161,8	89,3	104,5	895,2
1959	176,1	178,4	54,2	90,0	60,8	17,6	0,8	36,9	2,7	99,4	122,0	58,9	897,8
1985	168,9	113,8	148,4	113,6	64,8	14,1	13,2	6,0	29,2	22,1	73,3	137,8	905,2
2011	66,2	205,2	110,8	74,2	10,1	36,5	16,3	51,7	3,8	198,5	61,4	108,0	942,7
Média	121,9	167,0	101,9	66,3	35,3	40,0	7,1	26,1	21,8	108,3	83,6	134,9	914,3
Max	176,1	212,5	148,4	113,6	64,8	67,8	16,3	51,7	50,5	198,5	122,0	265,3	942,7
Min	66,2	113,8	54,2	18,3	0,0	14,1	0,8	6,0	2,7	22,1	61,4	58,9	895,2
dp.	50,0	45,4	43,3	39,1	29,3	25,1	7,1	18,6	19,8	72,3	23,7	78,2	21,1
Rc	16,25	30,51	11,37	4,81	1,37	1,75	0,06	0,75	0,52	12,82	7,65	19,90	
EI30	817	1281	633	342	139	166	14	90	70	690	477	944	5665
EI30%	14,4	22,6	11,2	6,0	2,5	2,9	0,2	1,6	1,2	12,2	8,4	16,7	100,0

Elaboração: Francisco, A.B.; Tommaselli, J.T.G. (2016).

Tabela 17 – Índices pluviométricos (mm) do município de Rancharia-SP (2014).

Dia	Set.	Out.	Nov.	Dez.
01	1,0	23,6	0,0	0,0
02	0,2	0,0	0,0	0,0
03	13,6	0,0	67,8	0,0
04	0,0	0,0	37,4	59,0
05	0,0	0,0	0,2	0,0
06	0,0	0,0	0,0	0,0
07	6,2	0,0	1,2	0,0
08	0,2	0,0	9,0	3,2
09	0,0	0,0	0,0	13,8
10	0,0	0,0	0,0	33,0
11	0,0	0,0	0,0	5,4
12	0,0	0,0	1,2	0,0
13	0,0	0,0	0,0	58,6
14	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0
19	14,0	0,0	0,0	0,4
20	10,0	0,0	1,0	0,0
21	5,0	0,0	0,0	0,0
22	0,2	0,0	36,2	60,4
23	0,0	0,0	0,0	3,2
24	30,6	26,4	22,8	24,0
25	3,6	2,6	4,4	0,0
26	4,8	0,0	5,6	0,0
27	15,2	0,0	0,0	0,2
28	0,0	0,0	0,2	0,0
29	0,0	0,0	0,0	9,0
30	16,0	0,0	0,6	0,0
31	-	17,4	-	0,8
Σ	120,6	70,0	192,6	275,0

Fonte dos dados: INMET – Estação meteorológica automática de Rancharia-SP.

Tabela 18 – Índices pluviométricos (mm)
do município de Rancharia-SP (2015).

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
01	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	29,0	0,0	0,0	0,0	19,8	2,4
02	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	28,4	0,0	0,0	0,0	7,6	11,0
03	5,6	0,8	0,0	0,0	0,2	0,0	4,8	0,4	0,0	29,6	0,8	1,2
04	0,8	6,6	0,0	0,0	36,2	0,0	12,6	0,0	0,0	0,2	44,2	10,2
05	12,8	3,8	6,2	1,8	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0	14,0	0,6
06	25,8	0,2	12,8	0,2	0,0	0,0	4,0	0,2	0,0	0,0	0,0	1,0
07	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	19,2	0,0	0,0	0,8
08	0,0	0,2	22,6	0,0	0,4	0,4	31,6	0,0	21,8	0,0	0,0	51,4
09	15,4	0,6	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,8	0,0	3,8
10	0,0	7,4	0,0	0,0	9,6	0,0	0,0	0,0	57,8	37,8	0,0	21,6
11	0,0	7,2	0,0	0,2	0,0	0,0	21,8	0,0	17,2	4,0	0,0	0,0
12	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	2,0	12,6	0,0	20,4
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	0,6	1,8	2,6	0,0
14	1,6	0,0	6,8	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	57,8	0,0	39,0	0,0	7,6	0,0	0,0	0,0	0,0	17,6	0,0
16	0,0	69,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,6	0,0
17	0,0	23,8	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,2	0,0
18	0,0	11,6	0,0	2,2	1,4	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	7,8	0,0
19	0,0	10,6	0,8	3,2	0,0	0,0	0,0	3,6	0,0	0,0	2,8	4,8
20	7,0	0,6	4,0	0,0	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,2	22,6
21	1,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22	0,0	0,0	0,0	16,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0
23	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2	0,8	16,8
24	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	0,0	0,0	25,4	0,0
25	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	19,4	0,0
26	0,0	17,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	6,4	4,0	0,0	19,0
27	0,0	0,0	1,2	0,2	0,0	0,0	0,0	14,4	0,4	19,0	0,0	1,4
28	9,6	0,0	0,0	0,0	5,6	0,0	0,0	0,0	11,6	0,0	16,2	37,6
29	34,8	-	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,8	0,0	17,8
30	2,4	-	26,8	0,0	3,8	14,6	0,0	0,0	5,6	0,0	10,0	2,6
31	0,0	-	0,0	-	52,2	-	0,0	0,0	-	40,6	-	6,6
Σ	115,6	239,8	103,6	64,6	111,8	23,2	149,2	23,0	142,8	196,8	258,0	258,9

Fonte dos dados: INMET – Estação meteorológica automática de Rancharia-SP.

Tabela 19 – Índices pluviométricos (mm) do município de Rancharia-SP (2016).

Dia	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
01	8,6	0,0	0,6	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0
02	2,8	0,0	5,4	0,0	0,0	19,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	2,4
03	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	0,0	0,0	4,0	1,4	0,2	39,6
04	0,0	43,2	0,0	0,0	0,0	6,0	0,0	0,0	16,8	1,6	0,0	0,0
05	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	47,4	0,0	0,0	8,2	0,0	0,0	0,0
06	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	17,2	0,0	1,0	1,8
07	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	21,4
08	0,0	0,6	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,8
09	31,8	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	48,0
10	25,2	16,8	0,8	0,0	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,8
11	57,0	9,8	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	40,0
12	1,0	0,0	0,0	0,0	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
13	1,6	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,6	5,4	2,2
14	0,0	7,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	21,0	0,2	0,2
15	0,0	8,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,2	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	19,8	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	21,0	0,0	0,0	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0
20	0,0	6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,4	0,0	5,2	0,0	10,6
21	0,0	36,2	0,0	0,0	1,4	0,0	0,0	17,2	0,0	7,6	0,0	33,2
22	0,0	63,4	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,0
23	0,0	35,8	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
24	0,0	19,8	61,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
25	0,0	2,6	15,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,8	2,6	0,0
26	1,2	6,8	1,6	83,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	4,8	0,0
27	36,4	1,4	0,0	0,8	1,4	0,0	0,0	0,0	0,0	18,2	2,4	0,0
28	18,4	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	0,0
29	3,6	1,4	0,0	0,0	35,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0
30	0,6	-	0,0	0,0	45,2	0,0	0,0	39,6	0,0	0,0	0,0	0,6
31	0,0	-	0,0	-	2,2	-	0,0	7,0	-	0,0	-	24,4
Σ	201,0	293,2	87,0	84,4	114,2	84,2	19,8	100,4	54,8	74,6	16,8	271,4

Fonte dos dados: INMET – Estação meteorológica automática de Rancharia-SP.

Tabela 20 – Índices pluviométricos (mm) do município de Rancharia-SP (2017).

Dia	Jan.	Fev.
01	0,4	15,0
02	0,0	0,0
03	0,4	0,4
04	0,8	0,0
05	0,6	0,0
06	0,0	0,0
07	0,0	12,0
08	0,0	0,0
09	0,0	0,0
10	0,0	0,0
11	1,6	1,4
12	0,2	3,0
13	0,4	16,8
14	1,2	0,8
15	6,4	0,0
16	2,8	0,4
17	6,6	0,0
18	3,0	0,0
19	3,2	0,0
20	0,0	0,0
21	10,8	0,0
22	2,8	0,0
23	2,0	7,4
24	0,0	1,8
25	50,8	13,4
26	11,8	0,0
27	17,4	0,0
28	10,4	0,0
29	24,4	-
30	0,8	-
31	12,6	-
Σ	171,4	72,4

Fonte dos dados: INMET – Estação meteorológica automática de Rancharia-SP.

Tabela 21 – Localização dos pontos de monitoramento.

Pontos	Coordenadas UTM (E N)		Azimute
A	510065,65	7541141,15	290°
B	510085,70	7541127,70	183°
C	510112,06	7541123,20	272°
D	510116,72	7541108,07	230°
E	510220,42	7541097,15	30°
F	510229,60	7541104,77	321°
G	510224,43	7541085,50	150°
H	510235,67	7541070,20	333°
I	510254,80	7541071,00	46°
J	510249,90	7541063,34	150°
K	510241,36	7541049,38	36°
L	510263,21	7541058,43	55°
M	510251,06	7541030,44	17°
N	510260,00	7541019,45	70°
O	510240,56	7541019,04	91°
P	510246,02	7541003,81	345°
Q	510247,95	7540995,02	75°
R	510240,98	7540991,27	130°
S	510215,70	7540992,90	90°
T	510209,95	7540999,50	252°
U	510199,48	7541009,95	270°
V	510190,20	7541026,30	243°
W	510170,30	7541028,63	245°

Elaboração: Francisco, A.B. (2016).

Tabela 22 – Planilha da área erodida após 24 meses de monitoramento.

Pontos	Coordenadas UTM (E N)		$\sqrt{(x^2+y^2)}$	Distância (m)	Área (m ²)
A	510065,65	7541141,15	24,14	0,75	
B	510085,70	7541127,70	26,74	0,39	13,76
C	510112,06	7541123,20	15,83	0,52	12,17
D	510116,72	7541108,07	104,27	0,80	10,45
E	510220,42	7541097,15	11,93	0,27	
F	510229,60	7541104,77	19,95	0,76	6,14
G	510224,43	7541085,50	18,98	0,34	10,97
H	510235,67	7541070,20	19,15	0,67	9,59
I	510254,80	7541071,00	9,09	0,93	15,32
J	510249,90	7541063,34	16,36	0,56	6,77
K	510241,36	7541049,38	23,65	0,66	9,98
L	510263,21	7541058,43	30,51	0,16	9,70
M	510251,06	7541030,44	14,17	1,65	27,61
N	510260,00	7541019,45	19,44	0,46	14,95
O	510240,56	7541019,04	16,18	0,94	13,61
P	510246,02	7541003,81	9,00	1,56	20,22
Q	510247,95	7540995,02	7,91	0,82	10,71
R	510240,98	7540991,27	25,33	0,79	6,37
S	510215,70	7540992,90	8,75	0,91	21,53
T	510209,95	7540999,50	14,79	1,63	11,12
U	510199,48	7541009,95	18,80	1,26	21,38
V	510190,20	7541026,30	20,04	1,65	27,35
W	510170,30	7541028,63	153,66	0,96	26,15
Σ					305,86

Elaboração: Francisco, A.B. (2016).

Tabela 23 – Índices de cobertura da terra (C) na microbacia do Córrego do Grito.

Classe de cobertura da terra	Fator C	1962	1984	2010
Área degradada por erosões	0,1	0,036	0,153	0,342
Área periurbana	0,025	1,298	1,452	2,406
Área urbana	0,025	1,483	2,354	4,409
Cultivo florestal	0,0489	0,934	0,177	0,184
Cultura perene	0,01	1,469	0,043	0,000
Cultura temporária	0,05	4,776	7,319	1,301
Pastagem (sem terraceamento)	0,0075	0,000	0,996	2,112
Pastagem (com terraceamento)	0,0075	2,010	1,523	0,447
Vegetação nativa	0,0004	0,006	0,005	0,004
Média		1,335	1,558	1,245

Elaboração: Francisco, A. B. (2016).

ANEXO A – Trecho do Plano de Controle de Erosão Superficial (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 Entrons
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.

ANEXO B – Fotos do evento de erosão remontante ocorrido entre junho e julho de 2015

Figura 96 – Cabeceira da boçoroca próxima da cerca de divisa



Foto: Garib, R. Data: 28/06/2015

Figura 97 – Boçoroca atinge calçada da Avenida Dom Pedro II



Foto: Garib, R. Data: 01/07/2015

Figura 98 – Destruição de estruturas de distribuição de água e coleta de esgoto



Foto: Garib, R. Data: 01/07/2015

Figura 99 – Perfil da boçoroca com canal de escoamento e solos e depósitos tecnogênicos expostos



Foto: Garib, R. Data: 01/07/2015