

GEOLOGIA AMBIENTAL:

Tecnologias para o desenvolvimento sustentável - Vol. 2

Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)



Eduardo de Lara Cardozo
(Organizador)

**GEOLOGIA AMBIENTAL: TECNOLOGIAS PARA O
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 2**

Atena Editora

2017

2017 by Eduardo de Lara Cardozo

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Profª Drª Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Profª Drª Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Profª Drª Lina Maria Gonçalves (UFT)

Profª Drª Vanessa Bordin Viera (IFAP)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

G345

Geologia ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável
2 / Organizador Eduardo de Lara Cardozo. – Ponta Grossa (PR):
Atena Editora, 2017.

252 p. : 38.026 kbytes – (Geologia Ambiental; v. 2)

Formato: PDF

ISBN 978-85-93243-38-7

DOI 10.22533/at.ed.3870809

Inclui bibliografia.

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Geologia ambiental. 3. Meio ambiente. 3. Sustentabilidade. I. Cardozo, Eduardo de Lara. II. Título. III. Série.

CDD-363.70

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Apresentação

No segundo volume da obra **“Geologia Ambiental: tecnologias para o desenvolvimento sustentável”**, apresentamos estudos ligados à preocupação da relação entre o homem e o meio ambiente, da ocupação e alteração do espaço geográfico e suas consequências. De que maneira utilizar os recursos naturais presentes, tendo como foco o desenvolvimento sustentável.

A população mundial hoje está próxima a 7,5 bilhões de habitantes, no Brasil próximo a 210 milhões de habitantes e constantemente usufruindo dos recursos naturais para o seu desenvolvimento, sua existência. Mas sabemos que os recursos são finitos, precisamos encontrar alternativas, trabalhar os recursos hoje presentes de uma forma sustentável, garantindo a nossa existência, bem como das próximas gerações.

Esta coletânea de artigos trabalha em diferentes temas o uso desses recursos naturais e a preocupação ambiental. Estudos como avaliação de uso de solo laterítico como sub-base em pavimentos urbanos, características geotécnicas de uma argila e um resíduo da construção e demolição visando sua utilização conjunta como barreira capilar, o crescimento do mercado da construção civil e a preocupação ambiental no que diz respeito aos recursos naturais como a areia e a avaliação da permeabilidade intrínseca em alguns solos tropicais representativos do Brasil, são também discutidos.

Questões sobre planejamento, avaliação a partir da Engenharia de Resiliência, processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca, mapeamento de áreas de riscos geológico na prevenção de perda de vidas e prejuízos econômicos, delimitação de áreas frágeis à ocupação, gestão de riscos urbanos, mapeamento e concepção de soluções para áreas de risco geológico, regularização fundiária de núcleos de ocupação precária e loteamentos irregulares, mapeamento do risco geológico e hidrológico, mapeamento geomorfológico de áreas densamente urbanizadas e mapeamento georreferenciado de deslocamentos horizontais e verticais de muros de contenção em gabião, são outros temas debatidos nesta coletânea.

E para fechar os diferentes temas trabalhados, temos estudos ligados à caracterização de solos das potenciais jazidas de empréstimos selecionadas para projetos das barragens e as investigações geológicas geotécnicas para a implantação da barragem de São Bento do UNA, no Estado de Pernambuco.

Diversos temas e informações integradas sobre a geologia ambiental e o desenvolvimento sustentável. Temas esses presentes em nosso cotidiano, e que nos auxiliam a encontrar maneiras para um desenvolvimento sustentável e a mitigação dos inúmeros impactos ambientais gerados por nós, nessa relação homem e meio ambiente.

Desejo uma excelente leitura e que os artigos aqui apresentados contribuam para o enriquecimento do conhecimento do leitor.

Eduardo de Lara Cardozo.

SUMÁRIO

Apresentação.....	03
<u>CAPÍTULO I</u>	
AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA E DA DURABILIDADE À MOLHAGEM E SECAGEM DE UM SOLO DE SINOP-MT ESTABILIZADO COM CAL	
<i>Raul Tadeu Lobato Ferreira, Augusto Romanini, Celso Todescatto Junior, Flavio Alessandro Crispim, Julio César Beltrame Benatti e Rogério Dias Dalla Riva.....</i>	07
<u>CAPÍTULO II</u>	
CARACTERIZAÇÃO GEOTECNICA DE UM RCD E UMA ARGILA VISANDO SUA UTILIZAÇÃO COMO BARREIRA CAPILAR	
<i>Julio César Bizarreta Ortega e Tácio Mauro Pereira de Campos.....</i>	19
<u>CAPÍTULO III</u>	
CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DO ARENITO FURNAS NO MUNICÍPIO DE PONTA GROSSA (PR) PARA USO EM ARGAMASSAS	
<i>Melissa Zanferrari Godoy, Fabio Luiz Chemin, Patrícia Kruger e Luiz Carlos Godoy.....</i>	34
<u>CAPÍTULO IV</u>	
AVALIAÇÃO DA PERMEABILIDADE INTRÍNSECA EM SOLOS REPRESENTATIVOS DA PAISAGEM BRASILEIRA	
<i>Luiza Silva Betim, Eduardo Antonio Gomes Marques, Klingner Senra Rezende, Brahmani Sidhartha Tibúrcio Paes, Vitor Luiz Reis de Almeida e Luana Caetano Rocha de Andrade.....</i>	56
<u>CAPÍTULO V</u>	
ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA: UMA PRIMEIRA APROXIMAÇÃO COM A GESTÃO DE RISCOS DE DESASTRES SOCIONATURAIS	
<i>Andréa Jaeger Foresti, Luiz Antônio Bressani, Cornelia Eckert e Luiz Carlos Pinto da Silva Filho.....</i>	67
<u>CAPÍTULO VI</u>	
EROSÕES LINEARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SP	
<i>Gerson Salviano de Almeida Filho, Maria Cristina Jacinto de Almeida, Tatiane Brasil de Freitas e Zeno Hellmeister Júnior.....</i>	87
<u>CAPÍTULO VII</u>	
ESTUDO PRELIMINAR DE RISCOS GEOLÓGICOS EM REGIÃO DO MUNICÍPIO DE ARENÁPOLIS, MT: ETAPA PREPARATÓRIA DE DETALHAMENTO DE CAMPO	
<i>Natália de Souza Arruda, Thiago de Oliveira Faria e Fernando Ximenes de Tavares Salomão.....</i>	103

CAPÍTULO VIII

FRAGILIDADE POTENCIAL E EMERGENTE NO BAIRRO BRIGADEIRO TOBIAS, SOROCABA-SP
Camila Bertaglia Carou, Fernando Nadal Junqueira Villela, Eduardo Soares de Macedo e Marcos Roberto Martines.....114

CAPÍTULO IX

GESTÃO DE RISCOS COMO POLÍTICA PÚBLICA PRIORITÁRIA NA REGIÃO DO GRANDE ABC
Luiz Antonio Bongiovanni e Sandra Teixeira Malvese.....125

CAPÍTULO X

LEVANTAMENTO, MAPEAMENTO E CONCEPÇÃO DE SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS NAS ÁREAS DE RISCO DOS BAIROS DE NOVA CAPÃO BONITO, SÃO JUDAS TADEU, VILA APARECIDA E VILA JARDIM SÃO FRANCISCO, MUNICÍPIO DE CAPÃO BONITO, SP
Priscila Taminato Hirata, Fabrício Araujo Mirandola, Eduardo Soares de Macedo, Marcela Penha Pereira Guimarães, Claudio Luis Ridente Gomes e Alessandra Cristina Corsi.....136

CAPÍTULO XI

MAPEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO A DESLIZAMENTOS E INUNDAÇÕES E DE ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APPs) EM NÚCLEOS E LOTEAMENTOS IRREGULARES NO MUNICÍPIO DE SÃO ROQUE, SP
Priscila Ikematsu, Eduardo Soares de Macedo, Alessandra Cristina Corsi, André Luiz Ferreira, Fabrício Araújo Mirandola e Priscilla Moreira Argentin.....151

CAPÍTULO XII

MAPEAMENTO DO RISCO GEOLÓGICO E HIDROLÓGICO DO MUNICÍPIO DE CASTELO - ES-BRASIL
Leonardo Andrade de Souza, Marco Aurélio Costa Caiado, Gilvimar Vieira Perdigão, Sílvia C. Alves, Larissa Tostes Leite Belo e Raphael Henrique O. Pimenta.....168

CAPÍTULO XIII

MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO DE ÁREAS DENSAMENTE URBANIZADAS
Alberto Franco Lacerda.....184

CAPÍTULO XIV

MONITORAMENTO GEORREFERENCIADO DE DESLOCAMENTOS HORIZONTAIS E VERTICAIS DE MUROS DE CONTENÇÃO EM GABIÃO
Nilton de Souza Campelo, Mário Jorge Gonçalves Santoro Filho, Otávio César de Paiva Valadares, Michael Douglas da Costa Paes e Aroldo Figueiredo Aragão.....196

CAPÍTULO XV

ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO FÍSICA, COMPRESSIBILIDADE E RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DE TRÊS MISTURAS DE SOLOS PARA BARRAGENS DE TERRA EM SANTA CATARINA
Nilo Rodrigues Júnior, Vitor Santini Müller, Matheus Klein Flach, Murilo da Silva Espíndola, Daniel Galvão Veronez Parizoto, Gabriela Bessa e Juan Antonio Altamirano

Flores.....209

Capítulo XVI

INVESTIGAÇÕES GEOLÓGICAS GEOTÉCNICAS PARA IMPLANTAÇÃO DA BARRAGEM SÃO BENTO DO UNA - PE

Hosana Emilia Abrantes Sarmiento Leite, Diana Damásio e Castro Lopes, Rafaella Teixeira Miranda e Maiara de Araújo Porto.....223

Sobre o organizador.....241

Sobre os autores.....242

CAPÍTULO VI

EROSÕES LINEARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SP

**Gerson Salviano de Almeida Filho
Maria Cristina Jacinto de Almeida
Tatiane Brasil de Freitas
Zeno Hellmeister Júnior**

EROSÕES LINEARES NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DO PEIXE, SP

Gerson Salviano de Almeida Filho

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
São Paulo - SP

Maria Cristina Jacinto de Almeida

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
São Paulo - SP

Tatiane Brasil de Freitas

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
São Paulo - SP

Zeno Hellmeister Júnior

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
São Paulo - SP

RESUMO: A bacia hidrográfica do rio Peixe apresenta graves problemas referentes aos processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca. A má gestão do uso e ocupação do solo, tanto na área rural quanto na urbana, intensifica o desenvolvimento desses processos, configurando um quadro crítico de degradação. Essa situação provoca a produção de grande quantidade de sedimentos que contribuem para o assoreamento dos cursos d'água, principalmente o rio do Peixe e seus afluentes. Levantamentos realizados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, em todo o Estado, identificaram que a bacia do rio do Peixe apresenta o maior número de processos erosivos lineares do tipo ravina e boçoroca (seis mil). Com a finalidade de contribuir para prevenir ou minimizar a degradação na Bacia, está sendo desenvolvido um projeto que visa hierarquizar as sub-bacias mais críticas, do ponto de vista dos processos erosivos, para orientar as ações e a priorização dos investimentos junto ao Comitê da Bacia Hidrográfica do rio do Peixe.

PALAVRAS-CHAVE: Erosão; ravina; boçoroca; bacia do Peixe.

1. INTRODUÇÃO

A erosão é considerada um dos maiores riscos naturais, devido aos grandes danos econômicos, ambientais e sociais que ocasiona. Na história são conhecidos os casos de regiões que entraram em decadência devido à destruição das terras agrícolas, principalmente naquelas onde ocorre a erosão laminar, processo de percepção mais difícil e que elimina os horizontes do solo mais férteis. A erosão não é novidade, pois os Incas e Chineses empregavam continuamente a agricultura em tabuleiros tendo como finalidade controlar as enxurradas, evitando assim o desencadeamento dos processos erosivos. Assim, os processos erosivos naturais tendem a caracterizar regiões específicas, destacando os agentes erosivos

prevalecentes, como, por exemplo, a erosão eólica das regiões desérticas sob a ação do vento, a erosão glacial das regiões temperadas sob a ação das geleiras, a erosão hídrica das regiões tropicais úmidas, sob a ação da chuva.

No Brasil e no Estado de São Paulo, a erosão, vem gerando prejuízos tanto na área rural quanto urbana, por meio da perda de solos agricultáveis, danos em obras de infraestrutura, e na degradação de áreas urbanas, com o conseqüentemente assoreamento dos cursos d'água. Além destes efeitos é ainda necessário considerar o papel dos defensivos agrícolas arrastados pela erosão, como poluentes dos recursos hídricos superficiais, alterando a qualidade e quantidade das águas.

A ocupação do território do Estado de São Paulo, iniciada pelo desmatamento e variadas formas de uso do solo, constituiu o fator decisivo para a intensificação da ação das chuvas que provocam a aceleração dos processos erosivos. Técnicos do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) estimam que 80% da área cultivada no Estado estejam sofrendo processos erosivos, perdendo anualmente cerca de milhões de toneladas de terras férteis. Devido à amplitude e à gravidade do problema, pode-se avaliar que a solução não será encontrada com medidas isoladas.

Este quadro de desequilíbrio da natureza continuará enquanto a ocupação agrícola não adotar as práticas conservacionistas adequadas e respeitar a capacidade de uso das terras; e enquanto na área urbana a ocupação não for planejada e não considerarem o conhecimento do meio físico (pedologia, geomorfologia e geologia/geotecnia), dos recursos da água, clima, e das suas potencialidades e limitações. A adoção de instrumentos técnicos é fundamental, pois constituem a base sobre a qual o poder público deve estabelecer as medidas preventivas e correções dos processos erosivos.

Este trabalho aborda um quadro da erosão linear, que se desencadeia em toda a Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Rio do Peixe (UGRHI 21), no Estado de São Paulo, na forma de erosões lineares (sulcos/ravinas e boçorocas). A ocorrência destes fenômenos mostra-se sempre marcada por graves perdas econômicas e sociais.

2. CONCEITOS DE PROCESSOS EROSIVOS LINEARES

O tema erosão dos solos é tratado por diversas áreas do conhecimento: Agronomia, Engenharia Civil, Geologia, Geografia e outras. O conceito de erosão está associado a processos de desgaste da superfície do terreno, desencadeado pelo escoamento da água superficial com caráter mais contínuo e gradativo, por meio da desagregação, transporte e deposição dos materiais alterados que compõem o solo (ALMEIDA FILHO, 2000; GUERRA, 2005; TOMINAGA et al., 2009). Tal situação provoca a produção de grande quantidade de sedimentos que contribui para o assoreamento de cursos d'água e reservatórios de abastecimento e, conseqüentemente, favorece a ocorrência de inundações e a danificação de

infraestruturas rurais e urbanas (ALMEIDA FILHO, 2000; LEPSCH, 2002; IPT, 2012).

A evolução de áreas intensamente afetadas pela erosão apresenta normalmente, um primeiro estágio de erosão laminar intensa, que leva à formação de sulcos rasos e profundos. Não havendo medidas de combate, os sulcos podem crescer rapidamente formando ravinas de portes variados. Se as condições dos terrenos forem favoráveis, as ravinas podem se aprofundar até atingir o nível d'água subterrânea. Neste estágio passa a se desenvolver a boçoroca ou voçoroca, que evolui de modo acelerado e complexo em função da ação combinada das águas superficiais e subterrâneas. Os conceitos dos processos de erosão, do tipo ravina e boçoroca ou voçoroca, são muito discutidos entre os pesquisadores da geografia e geologia, mas, também, pelos pesquisadores das áreas de engenharia civil e agronomia.

A diferenciação desses processos é fundamental na elaboração dos projetos de estabilização e contenção, visto que, no caso das boçorocas ou voçorocas há necessidade da adoção de medidas de maior envergadura, principalmente quando atingem cidades, estradas e ferrovias.

As erosões em sulcos são pequenas incisões em forma de filetes muitos rasos e ocorrem nas linhas de maior concentração das águas de escoamento superficial. As ravinas são normalmente de forma alongadas, mais compridas que largas e com profundidades variáveis. Raramente são ramificadas e não chegam a atingir o nível d'água subterrânea (OLIVEIRA, 1994; CERRI et al., 1997). O desenvolvimento lateral se dá pelo escoamento das águas pluviais no seu interior, provocando erosão no pé do talude e, conseqüentemente, ocorre o deslizamento. Existe uma tendência em que se considera uma profundidade mínima para as ravinas em torno de 30 cm, (TRICART, 1977) ou 50 cm (IMESON e KWAAD, 1980). Guerra (1994) também apresenta uma diferenciação cuja proposta é de que as ravinas podem ser obliteradas por máquinas agrícolas. Ao considerar que os sulcos e ravinas são originados pelo escoamento concentrado das águas superficiais e, ao haver a interceptação do lençol freático, existe uma somatória de processos erosivos superficiais e subsuperficiais, fazendo com que a forma erosiva atinja grandes dimensões e passe a denominar-se boçoroca ou voçoroca (SALOMÃO, 1994), desenvolvendo processos/fenômenos como “piping”, liquefação de areias, deslizamentos, e outros.

De acordo com Guerra et al. (1999) e Oliveira (1999), aspectos importantes para o desenvolvimento das ravinas e voçorocas dependem da conjugação de fatores naturais, como a pluviosidade, o tipo de solo, o relevo, e o uso e ocupação das terras. As feições erosivas lineares (sulcos, ravinas e voçorocas) são descritas como sinais de instabilidade dos sistemas geomorfológicos. Sua classificação é sintetizada como sendo: sulcos, feições de pequenas dimensões resultantes do escoamento concentrado da água na encosta; ravinas, feições alongadas resultantes do processo do escoamento concentrado da água; e voçorocas, canais esculpidos pelo afloramento do lençol.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

A bacia do rio Peixe (Figura 1) possui área de drenagem de 10.769 km², limitando-se com a bacia do Rio Aguapeí ou Feio ao Norte; ao Sul, com a Bacia do Rio Paranapanema; a Oeste, com o Rio Paraná; e a Leste, com Serra dos Agudos e a Serra do Mirante. O rio do Peixe nasce na Serra dos Agudos, numa altitude de 670 metros, percorre uma extensão de 380 km e desemboca no rio Paraná, a uma altitude de 240 metros. São raras localidades situadas em região ribeirinha e a disposição dos núcleos urbanos decorre da ocupação histórica da região que se iniciou no século XX, nos espigões, e desenvolveu grandes ramos ferroviários da região ocidental paulista e ainda, a rápida expansão da cultura do café.

A gravidade dos processos erosivos nessa região tem provocado a atenção de diversos pesquisadores com linhas teórico-metodológicas variadas, na tentativa de encontrar localizações preferenciais para a gênese e desenvolvimento de tais mecanismos denudacionais e de assoreamentos correlativos. Determinados estudiosos atribuem maior peso aos fatores naturais para os processos erosivos, enquanto outros conferem maior gravidade aos fatores antrópicos. Os primeiros consideram que a suscetibilidade erosiva intensa deve-se a uma combinação entre os diversos atributos do meio físico (CARPI JÚNIOR et al. 2010). Este processo é acelerado pelo homem com a intensificação das técnicas de manejo rural, com o intuito de aumentar a produtividade e na área urbana com expansão das cidades, sem planejamento. Tal fato tem mudado severamente a paisagem, marcada por alguma degradação ambiental, como é o caso da bacia do rio do Peixe, onde os processos de erosão, transporte e deposição dos sedimentos nas drenagens contribuem com a diminuição da calha do rio e de seus afluentes.

Silva (2006) realizou uma pesquisa sobre gestão de recursos hídricos na Bacia do Pontal do Paranapanema e relatou que a Bacia Hidrográfica do rio Santo Anastácio representa o maior manancial de água doce dos rios interioranos paulistas. Hoje, o próprio rio e seus afluentes estão comprometidos pelo depósito de sedimentos (assoreamento), a ponto de se estudar a viabilidade de buscar água do manancial do rio do Peixe, que também está comprometido, devido à bacia apresentar uma alta suscetibilidade a erosão (IPT, 1997).

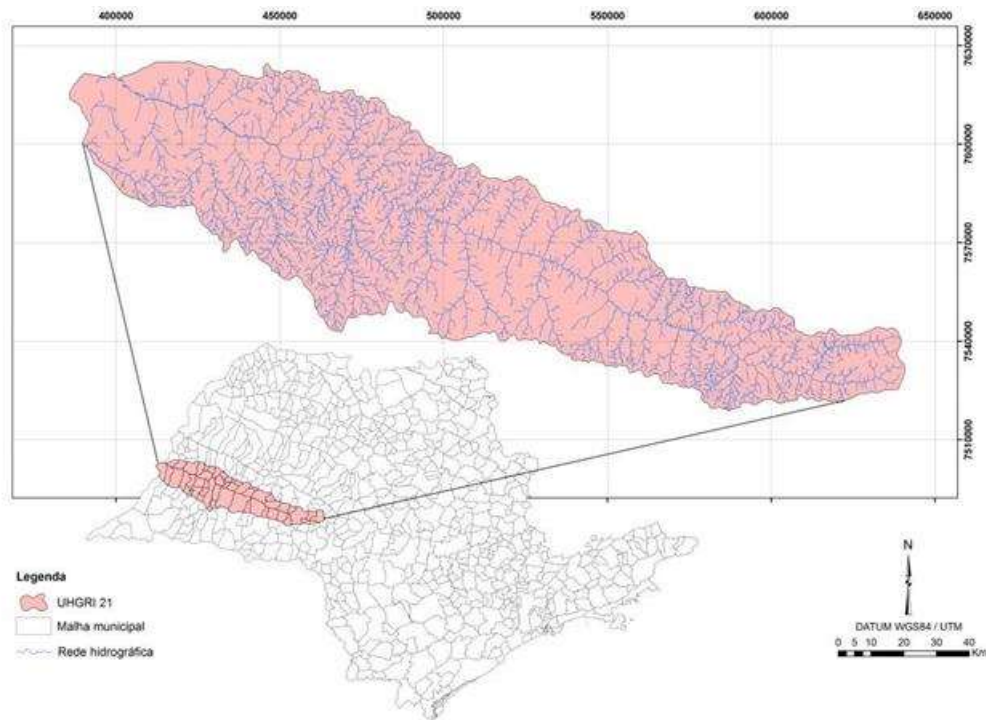


Figura 1 - Localização da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do rio do Peixe - UGRHI-21 no Estado de São Paulo.

3.1. Caracterização geológica

A área da bacia do rio do Peixe está inserida no Planalto Ocidental, dentro da Bacia Sedimentar do Paraná. O substrato geológico condiciona fortemente os processos erosivos em decorrência da alteração das rochas e principalmente, das formações de solos de textura arenosa, altamente suscetíveis à erosão.

As características litológicas do substrato rochoso, associadas à intensidade do intemperismo, à natureza da alteração e ao grau de fraturamento, condicionam a suscetibilidade do material à erosão (INFANTI Jr.; FORNASSARI, 1998).

Os mapas geológicos elaborados por IPT (1981a), na escala 1:1.000.000; por DAEE/UNESP (1982/1984), na escala 1:250.000; e por Perrotta et al. (2005), na escala 1:750.000; definiram compartimentos geológico-geotécnicos, com ênfase para os processos erosivos. Predominam na UGRHI-21 rochas sedimentares, de composição essencialmente arenosa, pertencentes ao Grupo Bauru, conforme definido por Fernandes (1998), a partir de diferenças petrográficas e estruturais, que são representadas pelas Formações Presidente Prudente, Vale do Rio do Peixe e Marília. Ocorrem também, arenitos do Grupo Caiuá constituído pelas Formações Rio Paraná e Santo Anastácio. Pequenas áreas de rochas básicas do Grupo São Bento, representado pela Formação Serra Geral. E, os Sedimentos/Depósitos Aluviais (argilas, siltes, areias e cascalhos), associados às principais drenagens.

As características do Grupo Bauru e Caiuá são condicionantes dos

processos erosivos dos tipos laminar e linear, com raras manifestações de escorregamentos e quedas de blocos em locais de afloramentos de rochas sedimentares mais resistentes, associados a escarpas da Cuesta ou de planaltos interiores, como o de Marília, ou, ainda, em cortes de estradas. O substrato geológico condiciona fortemente os processos erosivos, uma vez que determina a natureza e a textura dos solos, formados a partir da alteração das rochas, bem como a posição e comportamento da água subterrânea, condicionando também o desenvolvimento das formas de relevo.

O nível d'água está normalmente a poucos metros de profundidade (10 a 20) nas porções de encosta e sopé das vertentes. A circulação da água é livre e praticamente contínua, sendo comum a presença de níveis d'água em posições muito elevadas, em função de camadas argilosas e siltsosas presentes dentro do arenito. A combinação desses fatores leva ao desenvolvimento das mais variadas formas de erosão neste compartimento, desde laminar até as grandes boçorocas.

3.2. Caracterização geomorfológica

As características do relevo regional da Bacia do rio do Peixe foram levantadas a partir do Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000 (IPT, 1981b). Dentre os principais sistemas de relevo definidos para o Planalto Ocidental Paulista (ALMEIDA, 1964) corresponde, geologicamente, aos derrames basálticos que cobrem as unidades sedimentares do final do ciclo de deposição da bacia do Paraná e às coberturas sedimentares que, por sua vez, foram depositadas na Bacia Peixe, acima desses basaltos.

As formas de relevo apresentam relações diretas com o desencadeamento dos processos erosivos, tanto no âmbito regional quanto local, diferenciando-se quanto ao comportamento de cada um dos compartimentos do relevo ante aos processos erosivos. A característica do relevo, tais como declividade, forma e comprimento do declive são as maiores potencializadoras de fenômenos erosivos, uma vez que as rampas são relativamente longas e inclinadas e são frequentes as áreas de cabeceiras de drenagem e linhas preferenciais de concentração de fluxo d'água. O tamanho e a quantidade do material em suspensão arrastado pela água dependem do seu volume e da velocidade com que ela escorre e essa velocidade depende do comprimento de rampa (ou de vertente) e da declividade do terreno.

Na Bacia, o relevo é predominantemente muito suave, ondulado, com longas vertentes retilíneas e convexas, de baixa declividade. Também ocorre na bacia áreas com relevo mais enérgico, com colinas médias, morrotes; em ainda, na cabeceira do rio do Peixe, grandes áreas de relevo de escarpas. Estas formas de relevo são as maiores potencializadoras dos processos erosivos, uma vez que as rampas são relativamente longas e inclinadas, e são frequentes as áreas de cabeceiras de drenagem e linhas preferencias de concentração do fluxo d'água (IPT, 1981b).

3.3. Caracterização pedológica

A pedologia é um importante condicionador dos processos de erosão laminar e em sulcos, ou mesmo das ravinas e boçoroca que evoluem a partir da erosão superficial. Quando as boçorocas são geradas por processos subsuperficiais, a pedologia pode exercer influência indireta, como por exemplo, facilitando a recarga do aquífero (BARCELLAR, 2000).

Segundo Oliveira et al. (1999), as associações pedológicas que predominam na UGRHI-21, são classificadas como Argissolos Vermelho-Amarelos Distróficos e Eutróficos abruptos ou não, A moderado com textura arenosa/média e média em relevo suave ondulado e ondulado e Latossolos Vermelhos Distróficos A moderado textura média relevo plano e suave ondulado. Os Argissolos são solos que apresentam gradiente textural entre os horizontes A e B, tornando-os altamente suscetíveis a erosões.

No geral, conclui-se que solos com textura arenosa apresentam maior erodibilidade devido ao fato de se desagregarem mais facilmente que os solos com textura argilosa e muito argilosa. Quanto à classificação pedológica, solos do tipo Argissolos são, geralmente, mais suscetíveis à erosão que o do tipo Latossolos, pois os Argissolos ocorrem principalmente em topografia mais movimentada que os Latossolos e, apresentam um horizonte B textural, com maior concentração de argila, que representa uma “barreira” para a infiltração das águas, favorecendo o escoamento e acelerando os processos erosivos. A distinção destes horizontes é muito importante, uma vez que os solos são classificados de acordo com a natureza de seus horizontes e das relações entre eles. Esses tipos de solos têm como características intrínsecas um alto potencial de erodibilidade e sendo assim, é necessário que a ocupação em áreas de sua ocorrência seja realizada de forma a prevenir a geração de processos erosivos, tendo-se o cuidado de evitar a exposição dos terrenos e a concentração das águas superficiais.

Por outro lado, solos relativamente menos erodíveis, como os Latossolos argilosos, podem sofrer erosões de grande porte, desde que induzidas por elevadas concentrações de águas superficiais, sem dissipação de energia, até atingir o lençol freático, desencadeando as boçorocas.

Os demais solos encontrados na área de estudo são de ocorrência muito restrita, destacando os Neossolos Quartzarênico (RQ11), Neossolos Flúvicos (RU2), Gleissolos Háplicos (GX10), Argissolos Vermelho-Amarelo (PV9) que ocorre a jusante da bacia do rio do Peixe apresentam potencialidade baixa na questão de processo erosivo.

3.4. Uso e ocupação do solo na bacia do Peixe

Na bacia do rio do Peixe praticamente toda a vegetação original foi retirada

em um processo de aproximadamente 30 anos de desmatamento (1910 – 1940) para dar lugar às pastagens, café e algodão e posteriormente com a urbanização, contribuindo para gerar um desequilíbrio ambiental. Já em 1953, Maack enfatizava a necessidade de proteger a floresta com a finalidade de minimizar os efeitos da erosão, e vários outros pesquisadores também deram destaque ao problema (CASTANY, 1967; BIGARELLA et al. 1978).

A retirada da mata favorece a ação do impacto da gota de chuva sobre o solo e promove um incremento no volume e escoamento superficial da água em detrimento da infiltração e propicia o desencadeamento dos processos erosivos. Além disso, a expansão agrícola, em boa parte da bacia do rio do Peixe, sem considerarem as práticas de conservação do solo, a implantação da rede viária e o surgimento dos núcleos urbanos, também contribuíram para o desencadeamento desses processos.

Como predomina nessa bacia as pastagens (pecuária extensiva), a frequente movimentação dos animais gera trilhas, que conduzem aos canais de drenagem por meio da concentração de fluxos hídricos superficiais e que são capazes de desencadear os processos erosivos do tipo sulco, ravina e boçoroca.

Na área de influência da represa do Porto Primavera, no Rio Paraná (SP/MT), drenada pelos rios do Peixe (UGRHI 21) e Santo Anastácio (UGRHI 22), mananciais expressivos tornaram-se assoreados pela exclusão de suas vegetações ciliares, desde o auge das culturas de algodão e café, sendo em grande parte dessas áreas hoje ocupadas por pastagem mal conduzidas ou mescladas com o mato ralo regenerado (CARPI et al., 2010).

O uso urbano diferencia-se fortemente do uso rural. Os núcleos urbanos e, principalmente, as periferias são o palco dos mais intensos processos de degradação ambiental, onde a erosão aparece de forma intensa e acelerada. Mesmo terrenos pouco suscetíveis à erosão passam a desenvolver este processo em função das fortes modificações provocadas pelo parcelamento do solo, da implantação do sistema viário e da grande mobilização provocada pelos serviços de terraplanagem. Cortes e aterros expõem tanto o solo superficial como o saprolito à degradação acelerada. As condições hidrológicas, já modificadas pelo desmatamento, são fortemente alteradas em função da impermeabilização do solo promovida pelo pavimento das ruas, telhados, pátios e outros.

4. SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DA BACIA DO PEIXE

A bacia do rio do Peixe é considerada uma das mais críticas do Estado de São Paulo (IPT, 2012) quando à erosão urbana e rural. De acordo com o Mapa de Erosão (IPT, 1997) ocorrem cinco categorias de suscetibilidade à erosão (Figura 2):

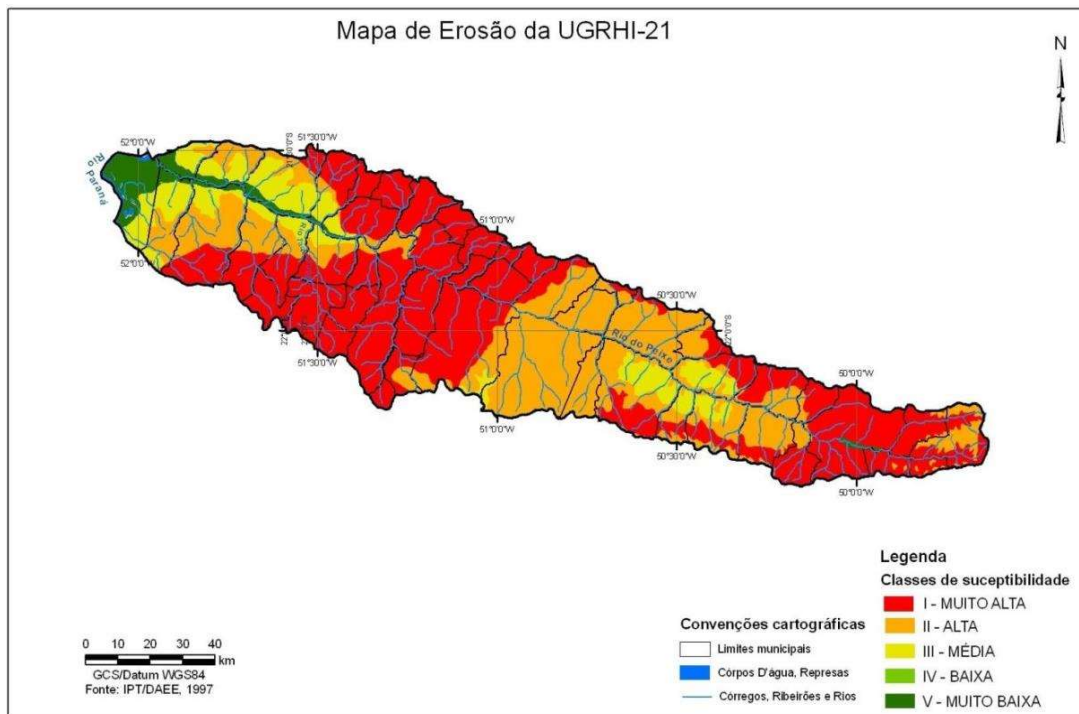


Figura 2 – Mapa de suscetibilidade à erosão da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos da Bacia do Peixe - UGRHI-21 (IPT/DAEE, 1997).

a) Muito Alta suscetibilidade - ocorrem, nesta classe, todos os processos erosivos (laminar, sulcos, ravinas e boçorocas), tratando-se, portanto, de áreas extremamente sensíveis à erosão das mais variadas formas, mesmo em áreas onde o manejo é adequado. A declividade média desta área é superior a 12%.

b) Alta suscetibilidade - apresenta características muito semelhantes às da classe muito alta, porém mais atenuadas. Nesta classe, as boçorocas de drenagem são bem menos frequentes que na classe anterior. A menor intensidade das erosões, nesta classe é explicada pela característica do meio físico.

c) Média suscetibilidade – as ravinas constituem o processo erosivo mais típico desta classe, em função da grande espessura dos solos e do comprimento de rampa. As boçorocas de drenagem são menos frequentes pela forma suave das encostas e dos vales abertos, enquanto a erosão laminar e os sulcos são de intensidade moderada. A declividade é baixa, inferior a 10%.

d) Baixa suscetibilidade – os sulcos e ravinas podem ocorrer nos setores mais íngremes, porém são raros e boçorocas praticamente não ocorrem.

e) Muito Baixa suscetibilidade – caracterizam uma zona onde ocorre mais acumulação de sedimentos e assoreamento do que a erosão propriamente dita, ocupando áreas de baixadas, quase planas, formadas por planícies aluvionares.

4.1. Inventário das feições erosivas lineares na bacia

O levantamento realizado para a elaboração do mapa de feições erosivas

(IPT, 2012) constituiu na identificação das erosões do tipo sulco/ravina e boçorocas, que se manifestam em toda Bacia do rio do Peixe. Foi obtido um número total de 6.990 (seis mil e novecentos e noventa) feições erosivas lineares (sulco/ravinas e boçorocas), por meio da interpretação de fotos aéreas da Empresa Paulista de planejamento Metropolitano SA - Emplasa, na escala 1:8.000, do ano de 2010, e com auxílio de imagens do Google Pro.

O inventário de processos de erosão se constitui em documento fundamental para a adequada gestão ambiental e territorial de áreas afetadas por processos erosivos acelerados (MORGAN, 1996), pois a intensificação do número de processos erosivos pode condicionar ou até mesmo impossibilitar a utilização da área para um determinado uso (FERREIRA, 2008). De acordo com Guimarães (2008), a produção do inventário das feições erosivas é fundamental para identificar todos os processos erosivos presentes na área de estudo, podendo assim definir o tipo (sulco/ravina e boçoroca) e as dimensões destas feições.

A concentração de sulcos/ravina ocorre principalmente em áreas de pastagens, mas também em áreas de culturas perenes e anuais sem sistemas de conservação do solo. Apesar da dificuldade de verificar tais áreas em campo, é notório que elas representem também os locais onde a erosão laminar é mais intensa. Os processos com incisões profundas, retilíneas e sem grandes irregularidades ou ramificações aparecem geralmente nas vertentes, perpendiculares ao eixo das drenagens; muitas vezes associados a estradas, trilhas de gado, carregadores e outros. As boçorocas são erosões de grande porte, profundas, irregulares e ramificadas e normalmente se localizam nas cabeceiras de drenagem. No fundo das boçorocas e nas saídas à jusante é comum uma tonalidade branca, refletindo o transporte intenso de sedimentos.

Estas feições erosivas foram plotadas nas bases topográficas na escala 1:250.000, configurando o Mapa de Feições Erosivas Lineares, que retrata a distribuição de cerca de 6.990 feições lineares na Bacia, indicando as regiões mais e menos sensíveis à ocorrência de tais processos e auxiliando na compreensão das relações entre erosão e as diferentes paisagens (Figura 3). Separando-se entre erosões lineares urbanas e rurais, tem-se: 165 erosões lineares urbanas, sendo 76 ravinas e 89 boçorocas; e 6.825 erosões lineares rurais, sendo 1.461 ravinas e 5.364 boçorocas. A concentração dos pontos de erosão de acordo com o mapa de erosão da bacia do rio do Peixe está predominantemente inserida nas classes I – Muito Alta e classe II – Alta.

Mapa dos processos erosivos lineares do Estado de São Paulo UGRHI-21

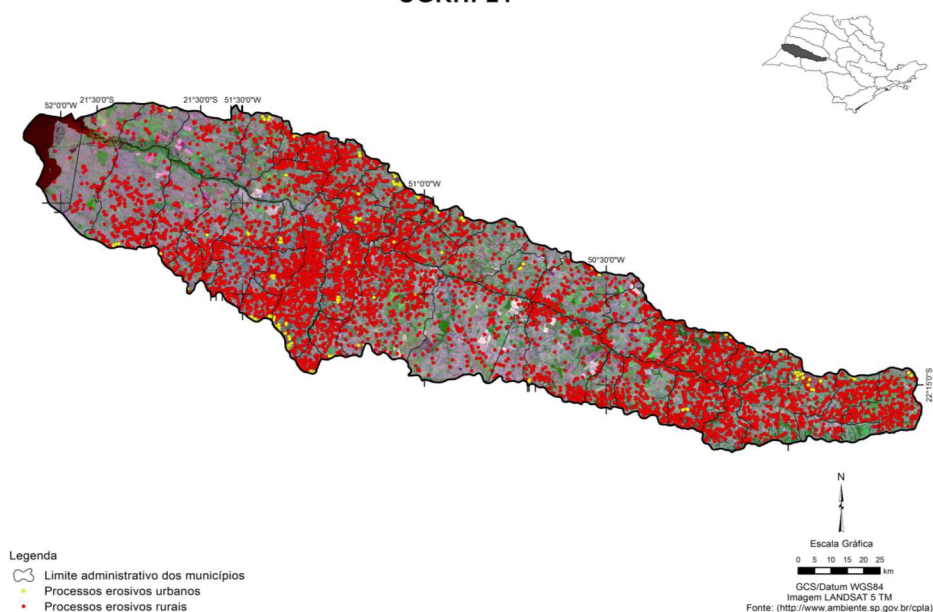


Figura 3 – Distribuição dos processos erosivos do tipo ravina e boçoroca na área urbana e rural na bacia hidrográfica do rio do Peixe.

5. CONSIDERAÇÕES

Este quadro de degradação do solo na bacia do rio do Peixe permanecerá crítico enquanto a ocupação agrícola não respeitar a capacidade de uso das terras e adotar práticas conservacionistas adequadas; a expansão de áreas urbanas não for planejada e executada com os devidos critérios; ou, seja, enquanto não for executada uma política global, integrando ações de combate à erosão urbana e rural, que possam ser priorizadas ao nível preventivo e corretivo. Por isso as medidas preventivas são imprescindíveis para garantir o equilíbrio da natureza. Prevenir significa definir uma política de caráter sustentável para o uso dos recursos do solo e da água, preservando-os a fim de mantê-los renováveis ao longo das gerações. Com vistas a contribuir para prevenir ou minimizar a degradação dessa Bacia, o IPT está desenvolvend

o uma caracterização, utilizando os parâmetros morfométricos (forma da bacia, índice de circularidade, coeficiente de compacidade, índice de sinuosidade da drenagem e outros), correlacionando-os com as características do meio físico (substrato geológico, sistemas de relevo, coberturas pedológicas) e com as diferentes categorias de uso e ocupação do solo, para determinar as áreas de maior ou menor suscetibilidade aos processos erosivos e as áreas potenciais à produção de sedimentos, na escala 1:250.000, e posteriormente estabelecer uma hierarquização dos compartimentos hidrográficos, produto fundamental para orientar as ações do Comitê de Bacia do rio do Peixe e a priorização dos investimentos voltados às sub-bacias mais degradadas.

Este artigo foi originalmente publicado no 15° Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, promovido pela Associação Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental (ABGE) a quem agradecemos a gentileza da autorização para esta republicação.”

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, F.F.M. de. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Boletim Instituto Geológico, São Paulo, (41), p. 169-263. 1964.

ALMEIDA FILHO, G. S. de. **Diagnóstico de processos erosivos lineares associados a eventos pluviosos no município de Bauru, SP**. São Paulo: 222 p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas - Fec/Unicamp, Campinas. 2000.

BACELLAR, L. de A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na bacia do rio Maracujá, Ouro Preto, MG**. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2000.

BIGARELLA, J. J. et al. **A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná - um problema de segurança ambiental e nacional**. Paraná: Secretaria do Planejamento do Estado do Paraná e Associação de Defesa e Educação Ambiental. 249p. (Contribuição à geografia, geologia e ecologia regional). 1978.

CARPI JUNIOR, S.; ESPINDOLA, C. R.; PEREZ FILHO, A.; QUARESMA, C. C. Complexidade dos processos erosivos no oeste do Estado de São Paulo Brasil. In: VI Seminário Latino-Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física, Coimbra. SUSTENTABILIDADE DA "GAIA": AMBIENTE, ORDENAMENTO E DESENVOLVIMENTO. Coimbra, 2010. v. 1. p. 1-10.

CASTANY, G. **Traité pratique des eaux souterraines**. 2a ed. Paris: Dunod. 661p. 1967.

CERRI, L. E. S.; SILVA, J. A. F.; SANTOS, P. H. P. **Erosão do solo: aspectos conceituais**. Revista Universidade Guarulhos. Geociências, II (6). p. 92-98. 1997.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:250.000**. Convênio DAEE/UNESP, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Campus de Rio Claro, 1982/1984.

FERNANDES. L. A. **Estratigrafia e Evolução Geológica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil)**. 216f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade

de São Paulo, São Paulo, 1998.

FERREIRA, M. D. et al. Inventário e caracterização ambiental como base para gestão ambiental de áreas afetadas por processos erosivos. Bacia do Ribeirão Bonito (SP), Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL, 12. 2008. Porto de Galinhas, AL. **Anais...**São Paulo: ABGE, 2008. CD-ROM.

GUERRA, A. J. T.; MENDONÇA, J. K. S. **Erosão dos solos e a questão ambiental**. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Org.). Reflexões sobre a Geografia Física no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 225-256. 2005.

GUERRA, A. J. T. SILVA, A. S. BOTELHO, R. G. M. **Processos erosivos no Domínio do Cerrado**. In: Erosão e conservação dos solos. Editora Bertrand Brasil. 1º edição. Rio de Janeiro, 1999.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Russel. 458 p. 1994.

GUIMARÃES, C. N. **Mapeamento geotécnico da bacia córrego da Barra, aplicação do penetrômetro de impacto em estudos de processos erosivos, São Pedro - SP - escala 1:10.000**. 2008. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Geotecnia, Universidade de São Paulo, Campus São Carlos, São Carlos. 2008.

IMESSON, A. C.; KWAAD, F. J. P. M. Gully types and gully prediction. K.N.A.G. **Geografisc Tijdschrift**, v. 14, n. 5, p. 433-441. 1980.

INFANTI JUNIOR, N., FORNASI FILHO, N. **Processos de Dinâmica Superficial**. In: Geologia de Engenharia. Santos, A, M dos, Oliveira, S. N A. de B. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia. 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo, Bacia do Peixe/ Paranapanema**. São Paulo: IPT/ DAEE. 6v. (Relatório Técnico, 24 739). 1986.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. (1981a) **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo, escala 1:1.000.000**. São Paulo: IPT. Publicação IPT 1183, Monografia, 5. 2v. 1981a.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000**. São Paulo: IPT. Publicação IPT 1184, Monografia, 6. 2v. 1981b.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO - IPT.

Orientações para o combate à erosão no Estado de São Paulo - Síntese. São Paulo. (IPT. Relatório, 36 071). 1997.

IPT - INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Cadastramento de erosão e inundação no Estado de São Paulo. São Paulo. (Relatório Técnico, 127824-205). 2012.

LEPSCH, I. F. Formação e Conservação dos Solos. São Paulo (SP): Oficina de Textos, 178p. 2002.

MAACK, R. As consequências da devastação das matas no Estado do Paraná. **Arq. Biol. Técn.**, Curitiba, n. 8, p. 459-472. 1953.

MORGAN, R. P. C. Soil erosion & conservation. 2.ed. London: Longman. 1996.

OLIVEIRA, A. M. dos. S. Depósitos tecnogênicos e assoreamento de reservatórios. Exemplo do reservatório de Capivara, rio Paranapanema, SP/ PR. 211 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP, São Paulo. 1994.

OLIVEIRA, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: Antônio José Teixeira Guerra; Antônio Soares da Silva; Rosângela Garrido Machado Botelho. (Org.). **Erosão e Conservação dos Solos - Conceitos, Temas e Aplicações.** 1 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, v., p. 56-99. 1999.

PERROTA, M. M. et al. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala 1:750.000. São Paulo, 2005.

SALOMÃO F. X. de T. Processos erosivos lineares em Bauru (SP): regionalização cartográfica aplicada ao controle preventivo urbano e rural. 200 p. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo. 1994.

SILVA, J. A. Gestão de recursos hídricos e sistemas de informações geográficas: contribuições para a organização sócio-espacial do Pontal do Paranapanema-SP. Presidente Prudente, [s.n.]. Tese (doutorado) – UNESP, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. 2006.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro: SUPREN – IBGE. 109 p. 1977.

TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. do. Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico. 2009.

ABSTRACT: The Peixe River Basin presents serious problems related to linear

erosion of the ravine and gully type. Mismanagement of land use and occupation, both in rural and urban areas, intensifies the development of these processes, resulting in a critical scenery of degradation. This situation causes the production of large amounts of sediment contributing to the siltation of waterways, especially the Peixe River and its tributaries. Surveys conducted by the Technological Research Institute of the State of São Paulo - IPT, in the entire state found that the basin of the Peixe River has the highest number of linear erosion of the ravine and gully type (six thousand). In order to help to prevent or minimize degradation in the Basin, a project is being developed to rank the most critical sub-basins from the point of view of erosion, to guide the actions and the prioritization of investments with the Committee of Hydrographic Basin of the Peixe River.

KEYWORDS: erosion; gully; Peixe *basin*

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-38-7



9 788593 243387