Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos (EESC)
Departamento de Hidráulica e Saneamento
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO GEOAMBIENTAL
PARA RIOS: ESTUDO DE CASO PARA O CÓRREGO DAS CRUZES
(SANTO ANTONIO DO ARACANGUÁ/ SP)**

AUTOR: EDUARDO JOSÉ DE ALBUQUERQUE SOBRINHO

ORIENTADOR: PROF. DR. FREDERICO FÁBIO MAUAD

São Carlos
2013

Universidade de São Paulo
Escola de Engenharia de São Carlos (EESC)
Departamento de Hidráulica e Saneamento
Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental

Edwardo José de Albuquerque Sobrinho

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE AVALIAÇÃO GEOAMBIENTAL
PARA RIOS: ESTUDO DE CASO PARA O CÓRREGO DAS CRUZES
(SANTO ANTONIO DO ARACANGUÁ/ SP)**

Tese de Doutorado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad

São Carlos
2013

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

A345p

Albuquerque Sobrinho, Eduardo José de
Proposta de um sistema de avaliação geambiental
para rios: estudo de caso para o Córrego das Cruzes
(Santo Antonio do Aracanguá/SP). / Eduardo José de
Albuquerque Sobrinho; orientador Frederico Fábio Mauad
. São Carlos, 2012.

Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em
Ciências da Engenharia Ambiental e Área de Concentração
em Ciências da Engenharia Ambiental -- Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo,
2012.

1. Sistema de avaliação geambiental para rios.. 2.
Uso dos solos. 3. Degradação geambiental. 4. Erosão
fluvial. 5. Assoreamento. I. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Bacharel e Licenciado **EDUARDO JOSÉ DE ALBUQUERQUE SOBRINHO**.

Título da tese: "Proposta de um sistema de avaliação geoambiental para rios: estudo de caso para o Córrego das Cruzes (Santo Antonio do Aracanguá/SP)".

Data da defesa: 04/03/2013

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. **Frederico Fabio Mauad (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Associado **Francisco Arthur da Silva Vecchia**
(Escola de Engenharia de São Carlos/EESC)

Prof. Titular **Jurandyr Luciano Sanches Ross**
(Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP)

Prof. Dr. **Reinaldo Lorandi**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Prof.^a. Dr.^a. **Marcia Noélia Eler**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

Resultado:

Aprovado

Aprovado

Aprovado

Aprovado

Aprovado

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Engenharia Ambiental:
Prof. Dr. **Frederico Fabio Mauad**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:
Prof. Titular **Denis Vinicius Coury**

“Mas eu sou como a oliveira verde na casa de Deus; confio na misericórdia de Deus para sempre, eternamente. Para sempre te louvarei, porque tu o fizeste, e esperarei no teu nome, porque é bom diante de teus santos” (Salmos 52: 10-11).

Dedico esta tese a Deus por tudo que tem feito em minha vida, incluindo os diversos livramentos que tem me dado ao longo de minha existência e pelas pessoas abençoadas que passaram e passam pela minha vida.

Aos meus avós, Maria Marçal dos Santos e Jovino Marcos de Albuquerque Santos, *in memorium* por terem contribuídos na minha formação pessoal e educacional.

Ao “Lazinho” que muito tem me ajudado, abaixo de Deus, como meu braço direito e esquerdo.

A todos os familiares e amigos que me apoiaram nesta jornada cheia de tribulações, mas superadas e suportadas por Deus.

A todos os “mestres” que passaram em minha vida e contribuíram no que eu sou hoje.

Às minhas “crianças”, pela ausência em casa.

Humildemente,

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao poderoso, maravilhoso, misericordioso e único Deus por tudo que tem feito em minha vida, pois com o Senhor. sou mais que vencedor, e nada, nem ninguém vai me separar do meu amor pelo Senhor.

À CAPES pela concessão da bolsa de Doutorado, através do Projeto Pró-Engenharia NÚMERO PE-029.

Ao Prof. Dr. Frederico Fábio Mauad, por aceitar a orientação desta tese, bem como, disponibilizar os aparatos técnicos existentes para o desenvolvimento da mesma.

À amiga e irmã em Cristo Profa. Dra. Márcia Noéia Éler (UFScar) pelas sugestões e críticas construtivas dadas durante a elaboração do projeto de tese, como também, pelas orações e jejum (pois “O senhor é nosso pastor e nada nos faltará, nem que andemos nas trevas nada temeremos”).

À amiga e ex-orientadora Profa. Dr. Helena Polivanov, do Departamento de Geologia da UFRJ, pelas críticas e sugestões dadas. Aprendi muito com a sra. durante o período em que fui seu orientando, durante o mestrado (IGEO/UFRJ). Saudade de suas cobranças e pressões psicológicas. Muito sábias, por sinal. Sou eternamente grato por sua amizade, carinho e criticidade ao meu trabalho. É uma pena que nem todos trabalhem como a ssenhora

À amiga Profa. Dra. Janete Brigante que fraternalmente analisou e teceu críticas construtivas durante a fase final deste trabalho. Sinto-me feliz em tê-la como amiga. Voce é uma das profissionais que conheço que mais possui uma visão holística sobre os ambientes aquáticos. Sou profundamente grato pelo seu socorro, em um momento desesperador da minha vida que, abaixo de Deus, me foi muito, muito importante.

Ao Departamento de Engenharia de Transporte, na pessoa do Prof. Dr. Paulo Cesar Segantine por ceder o engenheiro Paulo Cesar “Paulinho” no levantamento topográfico preliminar da área de estudo.

Ao Departamento de Geotecnia da ESSC/USP, na pessoa do Prof. Dr. Edmundo Rogério Esquivel por ter permitido a realização de parte dos ensaios geotécnicos no citado departamento.

À engenheira de agrimensura Rosimeire da Silva Neto pela ajuda dada durante a execução do levantamento topográfico preliminar da área de estudo e pelas orações.

Aos técnicos da estação climatológica José Roberto Maramaque “Betão” pelas dúvidas tiradas sobre execução de batimetria e medição de vazão e ao meu amigo André Silva pelo apoio moral durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Ao técnico da hidrometria Waldomiro Antonio Filho “Dr. Miro”, à Dra. Juliana Moceline e ao engenheiro Diego pela execução do levantamento ecobatimétrico na desembocadura da área de estudo, como também, ao engenheiro André Aukar Britschgy de Camargo pelo apoio dado durante os demais levantamentos topográficos feitos comigo na área de estudo.

Aos técnicos José Luis Guerra e Oscar dos Santos Neto (EESC/ Geotecnia) pelas dúvidas tiradas e ajuda fornecida durante a realização dos ensaios geotécnicos.

Ao Dr. Tadeu e a MSc. América pelos momentos de reflexões sobre o problema da erosão em rios.

Ao “cidadão” e à Regina por prepararem nossas refeições no RU da USP/ EESC/ CRHEA, São Carlos, com tanto zelo e carinho, ao longo do tempo que estudei no PPG-SEA.

A todos os funcionários da EESC/USP, em especial: Nelson E. Tessarin, José Luis (secretaria do PPG-SEA) e Mara Lúcia Cotrim Gomes (bibliotecária) pelos serviços prestados com tanto carinho e a atenção a todos os alunos.

Aos trabalhadores terceirizados, que tornam nossos amigos, tornando nosso dia menos penoso. Vocês são 1000; em especial a Jô, Suzana, Eduardo, Nilson, Valmir, Ailton, Elisvaldo, Márcio, Viana, Samuel, Ronaldo, Sr. Luiz, Rubens, Clodoaldo.

A todos os colegas, colaboradores e ex-pesquisadores do programa do PPG-SEA.

Aos professores membros da banca de tese: Dr. Reinaldo Lorandi (Ufscar), Dr. Jurandir Ross e Dra. Marcia Noélia Eler - pelas críticas e sugestões dadas durante a defesa da tese, em 04/03/2013.

A minha mãe e a todas as pessoas que se lembraram de mim em suas orações.

Aos irmãos em Cristo que têm orado por mim nesta fase tão difícil da minha vida, de muita luta, tribulação e perseguições de natureza diversa. Só Deus e meus irmãos em Cristo sabem o que passei.

Ao Edson Dorneles pela correção ortográfica da tese. Abençoada ajuda.

A todos os “mestres” que passaram em minha vida e plantaram a semente do conhecimento.

A todos que contribuíram diretamente e indiretamente para a materialização do fruto de anos de estudo, trabalho, dedicação e fé no Altíssimo, pela perseverança e fé em Deus, nosso único Criador e Salvador (**Testemunho de fé e adoração a Deus: Pai, Filho e Espírito Santo**).

Muito, muito obrigado por tudo, ofereço profunda gratidão.

Resumo

Albuquerque Sobrinho, E. J. de. **Proposta de um sistema de avaliação geoambiental para rios: estudo de caso para o Córrego das Cruzes (Santo Antonio do Aracanguá/ SP)**. São Carlos-SP, 2013. 230f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

Os rios, enquanto produtos da interação entre os agentes internos e externos da Terra, são elementos da paisagem em constante mutação ao longo do tempo e do espaço, sujeitos aos fenômenos da erosão e da sedimentação (assoreamento). Contudo, o homem ao interagir de forma negligente com o meio, no caso, os diferentes cursos de água, intensifica o processo natural de degradação ambiental. Estes impactos variam de lugar para lugar, em função de diferentes fatores, dentre eles o clima, o tipo de solo, resistência geomecânica dos materiais, condições geomorfológicas e estruturais da drenagem, entre outros.

Por conta disto, este trabalho propõe um sistema de avaliação geoambiental para rios, cuja aplicação ocorreu em um curso d'água de segunda ordem, localizado na porção noroeste do Estado de São Paulo, com área de 7,81 km². O desenvolvimento deste sistema deu-se a partir da compartimentação de sete grupos distintos (Climático, geomorfológico, geológico, hidráulico, físico-químico para água e sedimentos, biológico e uso e ocupação, contendo 33 parâmetros). A atribuição dos pesos teve como base, o potencial que uma determinada variável tem em contribuir no processo degradação ambiental, vista isoladamente mas integrada ao sistema classificatório em questão. No caso de existir limites apoiados pela comunidade científica, os mesmos foram adotados, embora a forma de apresentação dos mesmos foi adaptada à lógica adotada nesta tese. Vale ressaltar que o limite atribuído para cada variável apresentou valores distintos, onde o menor valor foi atribuído, como sendo peso 1 (muito estável) e máximo de peso 9 (muito instável), onde quanto menor a pontuação, melhor a classificação. Após a definição dos pesos, foram delimitados cinco intervalos de classes distintos, cujos valores das classificação - natural, alterado e degradado - partiram do somatório de todas

variáveis agrupadas por pontuação (natural = Σ peso <5 ; alterado = Σ peso 5-7; degradado = Σ peso >8). Intermediariamente a estas classes, foram definidas as subclasses cujos valores estivessem entre os limites atribuídos pelas classes (levemente alterado = 84 - 141 pontos e muito alterado = 194 - 234 pontos. Os resultados apresentados pelo conjunto de dados expostos separadamente foram satisfatórios, pois permitiram compreender a correlação entre as condições geoambientais e a participação destas no processo de degradação ambiental, onde conclui-se que o Córrego das Cruzes possui características que o torna susceptível à erosão, especialmente no que diz respeito as condições pedológicas e geotécnicas, ademais que a constituição topográfica (morfologia da drenagem) por meio da inclinação das vertentes propicia processos erosivos como tombamento, erosão marginal e feições lineares (erosão linear, ravinas e voçorocas).

As diferentes abordagens relacionadas à análise ambiental (técnicas investigativas em geociências), , podem ser empregadas, embora possuam limitações entre si como a comparação do objeto de estudo apontando os agentes causadores do processo de degradação do ambiente. No caso em questão, trata-se de um córrego localizado no interior do Estado de São Paulo que padece de problemas diversos. Através do sistema de avaliação proposto e da comparação dos resultados obtidos pelo mesmo, com técnicas investigativas vigentes, conclui-se que: 1) Apesar da difusão destas técnicas no meio acadêmico e técnico, as mesmas mostraram-se ineficientes para inserir o fator social como agente causador de perturbações ambientais, já que o homem/sociedade exerce um agressivo papel como deflagrador ou facilitador da degradação ambiental nos diversos ambientes/ecossistemas; 2) na abordagem feita pelos parâmetros morfométricos, a mesma tem um papel extremamente físico do ambiente fluvial, sendo adequado seu emprego no caso de um determinado curso d'água sofrer influência dos elementos geomorfológicos e geológicos, e; 3) a cartografia temática de cunho geológico-geotécnico é uma importante ferramenta avaliativa, embora seja um pouco limitada por questões que transcendem ao arcabouço teórico e geológico-geotécnico, seja ele baseado em dados de campo e/ou investigados por meio de ensaios laboratoriais. Neste sentido, o uso combinado destas técnicas, como o sistema de

avaliação em foco, teve um papel importante para corroborar os dados do meio físico e demais variáveis expostas.

O Sistema de Avaliação Geoambiental mostrou-se flexível quanto às diferentes combinações de problemas de natureza sócio-econômico-ambiental, apesar de ter um significativo número de variáveis que permitem “descobrir” ou mesmo apontar o(s) agente(s) transformador(es) do meio; pelo menos nas variáveis que comumente ocorrem; apesar de que as ações caóticas não tenham sido colocadas neste sistema, a fim de não dificultar a aplicação por parte de pessoas de outras áreas da ciência, no caso destas utilizarem esta ferramenta. Devido ao fato deste sistema ser de cunho quali-quantitativo, o conjunto de parâmetros aqui proposto, seguido de suas variáveis, facilita comparar rios de natureza distintas, como se fossem uma forma de “check list”. Os documentos cartográficos foram realizados em estaca distinta, visando expor os dados levantados de forma global (1: 10.000) e de detalhe (1: 2.500), conforme a técnica de detalhamento progressivo.

Palavras Chaves: Sistema de Avaliação de erosão de rios, uso dos solos, degradação geoambiental, erosão fluvial, assoreamento.

Abstract

Albuquerque Sobrinho, E. J. de. **Proposal of a geoenvironmental evaluation system for rivers: study of case for Córrego das Cruzes stream (Santo Antonio do Aracanguá/ SP)**. São Carlos-SP, 2013. 227f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

The rivers, as products of interaction between internal and external earth agents are landscape elements constantly changing during the time, and they are subject to the erosion and sedimentation (siltation) phenomena. However, the mankind negligently when interacting with the environment, in this case, the different streams, it enhances the natural process of environmental degradation. These impacts vary from place to place, depending on different factors, including climate, soil type, strength of materials geomechanics, structural and geomorphological conditions of drainage, etc. Due to these factors, the present PHD Thesis proposed a system of geoenvironmental assessment for rivers, to make this task more simple, where it was tested on stream of 1st order, located in the northwestern portion of the State of São Paulo, with 7,81 km² of area. This system was partitioned on seven distinct groups (climatic, geomorphological, geological, hydraulic, physical-chemical water and sediment, biological, and use and occupancy) totalizing 33 parameters. The assignment of weights based on the potential that a particular variable contributes to the erosion or correlated with this environmental problem. It is noteworthy that the limit was adopted for each variable from 1 (very stable) to 10 (very unstable). After the scores definition, five distinct classes' intervals were limited, which values of classifications: natural, modified and degraded, came from sum of all variable grouped by punctuation (natural = $\Sigma \text{score} < 5$; modified = $\Sigma \text{score } 5-7$; degraded = $\Sigma \text{score} > 8$). Between these classification, two subclasses were defined (slightly altered = 84-141 points e very altered = 194-234 points. The results presented by the set of data were satisfactory. It was because of their ability of understanding geo-environmental features and their participation on the environmental degradation process. It was concluded that the stream in focus has aspects that present it high susceptibility to erosion, especially regarding soil and geotechnical conditions, not to

mention that the constitution topographic (drainage morphology) by means of the inclination of the slopes and tipping provides erosion, bank erosion and the linear (linear erosion, ravines and gullies). The different approaches related to environmental analysis (geosciences investigation techniques), although they have limitations between them, they could be employed, besides the difficult of comparison to different rivers and hability to indicate the main degradation agents, in this case, a stream located within the State of Sao Paulo/Brazil that has serious environmental problems. Through the proposed evaluation system and comparison of obtained results by some of existing investigation techniques, it concluded that: 1) Despite the spread of these techniques in the academic and technical environment, they proved to be inefficient to insert the social factor as causative an environmental perturbations agent, since man / society plays an aggressive role as a trigger off or facilitator of environmental degradation in different ecosystems; 2) the approach taken by the morphometric parameters, it plays a physical perspective of river environment and its use is more appropriated for water course under influence of geomorphologic and geological elements, and 3) the thematic mapping of geotechnical focus is an important evaluative tool, although it is somewhat limited by issues that transcend geological and geotechnical field, even if it is based on field data and / or tested on laboratorial analysis. In this direction, the combination of different tools, as a system of evaluation focus, played an important role to corroborate the data of the physical environment with the other variables exposed. The Geoenvironmental Evaluation System proved to be flexible about different combinations of socio-economic and environmental problems, although a significant number of variables that allows you to find out agent(s) modifiers of environment, at least the most usual variables that occur, although chaotic actions have not been placed on this system, in order not to hamper the implementation by people from other areas of science, if they try to apply this technique. Due the nature of the proposition technique (qualitative and quantitative tool), the set of parameters proposed here and followed by its variables, facilitate to compare rivers of different nature, like a form of "check list". Cartographic documents were made on different scales to express data survey on global aspects (1: 10.000) and detailed (1: 2.500), according to the Progressive Detailing Technique.

Key-words: Assessment of rivers erosion system, soil uses, environmental degradation, river erosion.

SIGLAS E ABREVIACÕES

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA – Agência Nacional de Águas
ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica
AQEM – Integrated **A**ssessment System for the Ecological **Q**uality of streams and Rivers throughout **E**urope using Benthic **M**acroinvertebrates
CAD – Computer Aided Design
CETESB – Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CRH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CTCG – Comissão Técnica de cartografia geotécnica e geoambiental
DAEE – Departamento de Águas e Energia Elétrica
DGPS – Sistema de Posicionamento Global Diferencial
DLWC – Department of Land e Water Conservation
DNPM – Departamento Nacional de Produção Mineral
EESC – Escola de Engenharia de São Carlos
GIS – Geographical Information System
GNSS – Global Navigation Satellite System
GPR – Ground Penetration Radar
GPS – Sistema de Posicionamento Global
IAEG – International Association Engineering Geology
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ILWIS – Integrated Land and Water Information Systems
IPEN – Instituto de Pesquisas Enérgetica e Nucleares
IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica
LiDAR – Light Detection and Ranging
LWA – Land & Water Australia
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NSW – New South Wales
PMP – Ponto de Murchamento Permanente
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
RHB – Região Hidrográfica Brasileirs

RUSLE – Revised Universal Soil Loss Equation
SBCS – Sociedade Brasileira de Ciência do Solo
SIG – Sistema de Informação Geográfica
SIGRH – Sistema Integrado de Gestão de Recursos Hídricos
SMR – Slope Mass Rating
SPT – Standard Penetration Test
SWAT – Soil and Water Assessment Tool
TFSE – Terra fina seca ao ár
THMs – Trialometanos
UFC – Universidade Federal do Ceará
UFF – Universidade Federal Fluminense
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro
UGRHI – Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos
UHE – Usina Hidrelétrica
UNESP – Universidade Estadual Paulista
USLE – Universal Soil Loss Equation
USP – Universidade de São Paulo
WFD – Water Framework Directive
ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT – Zona de Convergência Inter-tropical

Lista de Figuras

Figura 1 - Localização espacial da área de estudo (Fonte: Adaptado de Google, 2009 & CBH-BT, 2009).	9
Figura 2 - Distribuição climática do Estado de São Paulo pelo sistema de Köppen (adaptado de SETZER, 1966 <i>apud</i> ROLIM et al. 2007).	19
Figura 3 - Fatores que influenciam no vale cruzado (adaptado em WARN, 2011).	26
Figura 4 - As diferentes variações das formas das vertentes (adaptado de TROEH, 1965 <i>apud</i> ARAUJO, 2011).	29
Figura 5 - Classificação taxonômica das diversas formas de relevo (ROSS, 1992).	30
Figura 6 - Presença de nascente influenciando na degradação do solo (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	32
Figura 7 - Gráfico textural do solo (VIEIRA, 1988).	36
Figura 8 - Exemplo de intervenção geotécnica para estabilização e reforço de maciço com via (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	47
Figura 9 - Tipos de estruturas existentes nos diferentes horizontes dos solos (SBCS, 1982; VIERIA, 1988).	63
Figura 10 - Aplicação do potencial de recuperação do framework para vale parcialmente confinado com leito rochoso com descontinuidade controlada do River Style da planície de inundação (BRIERLEY et al., 2002).	74
Figura 11 – Feição erosiva do tipo ravina, na margem esquerda do Córrego das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	94
Figura 12 - Uso da área para pastagem em janeiro de 2011 (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	95

Figura 13 - Carta geológica do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP).....	96
Figura 14 - Planta geológica do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP): Folhas 1, 2, 3 e 4.	97
Figura 15 - Carta dos materiais geológicos do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP).....	98
Figura 16 - Planta dos materiais geológicos do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP): Folhas 1, 2, 3 e 4.....	99
Figura 17 - Planta dos problemas geotécnicos do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP), Folhas 1, 2, 3 e 4.....	100
Figura 18 - Carta dos problemas geotécnicos do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP).....	101
Figura 19 – Componentes do sistema de avaliação proposto.	102
Figura 20 - Equipamentos utilizados no levantamento plani-altimétrico da área de estudo: a = Estação total; b=prisma óptico e tripé (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	104
Figura 21 – Preparação dos equipamentos utilizado no levantamento ecobatimétrico no contato córrego/ribeirão das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	105
Figura 22 - Distribuição espacial das seções topobatimétricas (Fonte: Google Earth, 2012).	106
Figura 23 - Software utilizado na elaboração das curvas de nível (Surfer 6.04).	107
Figura 24 - Molinete usado na medição de vazão (Autor: André Aukar Britschggy de Camargo).	108

Figura 25 - Equipamentos utilizados na definição da quantidade de matéria orgânica dos solos (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	111
Figura 26 - Localização dos pontos de amostragem do teor de matéria orgânica dos materiais geológicos da área de estudo (Fonte: Google Earth, 2012).	111
Figura 27 - Coleta de amostra em duplicata para definição do teor de sólidos em suspensão (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).....	113
Figura 28 - Equipamento utilizado no processo de filtragem das amostras de campo (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	114
Figura 29 - Modelo de infiltrômetro usado na área de estudo (adaptado de GUERRA, 2001).	115
Figura 30 - Localização do antigo reservatório que se rompeu no interior do Córrego das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	119
Figura 31 – Vista do segundo reservatório que se rompeu ao longo do Córrego das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).....	120
Figura 32 - Locais utilizados na investigação da permeabilidade do solo (Auto: E. J. Albuquerque Sobrinho).	129
Figura 33 – Afloramento de arenito biotítico (a) e remobilização do fundo e transporte por rolamento do material mais grosseiro (b) (Auto: E. J. Albuquerque Sobrinho).	130
Figura 34 - Vista da desembocadura direita (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	134
Figura 35 - Estratificações formadas pela interação hidrodinâmicas nas proximidades da desembocadura do Córrego das Cruzes com o ribeirão de mesmo nome (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).....	134
Figura 36 - Vista da desembocadura direita (perene) ao fundo o Ribeirão das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	138

Figura 37 – Distribuição espacial dos pontos investigados pelo Sistema de Avaliação Geoambiental em proposição (Fonte: Google Earth, 2012).	143
Figura 39 - Uma das áreas usadas pelo gado para acesso ao Córrego das Cruzes (a) e degradação das margens pelo pisoteio do gado (b).	175
Figura 39 – Vista da desembocadura esquerda sob período de estiagem (a) e em escoamento causado durante a quadra chuvosa (b).	182
Figura 40 - Vista da área localizada próxima aos pontos de controle 19 e 20 (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	183
Figura 41 - Vista da manilha localizada entre os pontos 16 e 17 (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).	185
Figura 42 - Ponto de estudo com maior pontuação total – Estação 6 (Autor: Google Earth; E. J. Albuquerque Sobrinho).	188

Lista de Gráficos

Gráfico 1- Variação do volume de infiltração ao longo da área de estudo.....	129
Gráfico 2 - Valores referentes à média e desvio padrão dos Protocolo de Avaliação de Rápidos).	135
Gráfico 3 - Variação percentual do teor de matéria orgânica dos materiais geológicos da área de estudo.	175
Gráfico 4 – Distribuição da pontuação total do Sistema de Avaliação Geoambiental.	178
Gráfico 5 – Variação das propriedades Geomorfológicas da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.	180

Gráfico 6 – Variação das propriedades hidráulicas da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.....	181
Gráfico 7– Variação das propriedades geotécnicas da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.....	183
Gráfico 8 – Variação das propriedades ecológicas da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.....	184
Gráfico 9 – Variação das propriedades relacionadas ao uso e ocupação ao longo da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.	186

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Exemplos das diferentes abordagens adotadas no estudo do problema da erosão em ambientes fluviais comumente adotados.....	12
Tabela 2 - Fatores que influem na suscetibilidade à erosão dos solos (adaptado de LAL, 1990 <i>apud</i> de LIMA, 2003).....	14
Tabela 3 - Processos erosivos e seus impactos ambientais em áreas críticas brasileiras (Adaptado de BOTELHO & GUERRA, 2003).	20
Tabela 4 - Definições os diferentes tipos de solos (MACIEL FIHO, 1994; IBGE, 2007).....	24
Tabela 5 – Comparação entre áreas de bacias hidrográficas distintas e seus respectivos comprimentos (adaptado de MEADE et al. 1979; CHRISTOFOLETTI, 1983; MANABE & VESEROLD, 2003; SHIKLOMANOV, 2003; GOULDING; BARTHEM; FERREIRA et al., 2003 <i>apud</i> MARTINEZ et al., 2009; MIKHAILOV, 2010; CARVALHO et al.; 2010).....	32
Tabela 6 - Capacidade de campo para diferentes texturas do solo (adaptado de SOUSA PINTO, 1976).	35

Tabela 7 - Características das texturas dos materiais geológicos sob diferentes parâmetros geotécnicos (adaptados de YOSHIZANE, 2005).	37
Tabela 8 - Impactos ambientais causados pelo uso diferenciado do solo na cidade de São Carlos/SP (PONS & PEJON, 2008).	50
Tabela 9 - Atividades potencialmente poluidoras do Rio Mogi-Guaçu (MOTA, 1975; BRAILE & CAVALCANTE, 1979; CETESB, 1999 <i>apud</i> ESPÍNDOLA; BRIGANTE; ELER, 2003).	52
Tabela 10 - Principais impactos ambientais nos diferentes métodos de lavra que geram impactos diretos nos ambientes fluviais (adaptado de FERREIRA, 2011).	54
Tabela 11 - Problemas ambientais vigentes nas regiões hidrográficas brasileiras (PNUMA, 2007).	55
Tabela 12 - Práticas que podem ser utilizadas na melhoria do solo e minimização dos impactos causados ao solo (ZOCCAL, 2007).	61
Tabela 13 - Propriedades físicas e morfológicas dos solos (adaptado de VIEIRA, 1988).	64
Tabela 14 - Variação entre os tamanhos das estruturas (adaptado de IBGE, 2007).	65
Tabela 15 - Capacidade de campo para diferentes texturas do solo (adaptado de SOUSA PINTO, 1976).	66
Tabela 16 - Características das texturas dos materiais geológicos sob diferentes parâmetros geotécnicos (adaptados de Yoshizane, 2005).	67
Tabela 17 – Descrição dos parâmetros morfométricos e suas fórmulas (SHERMAN, 1932; HORTON, 1945; STRAHLER, 1964; MELTON; 1957; VERSTAPPEN, 1983; PATTON, 1988; RITTER et al., 1995; BISWAS et al., 1999; MACKA, 2001; REDDY et al., 2004 <i>apud</i> OZDEMIR & BIRD, 2009).	79

Tabela 18 – Continuação da descrição dos parâmetros morfométricos (SHERMAN, 1932; HORTON, 1945; STRAHLER, 1964; MELTON; 1957; VERSTAPPEN, 1983; PATTON, 1988; RITTER et al., 1995; BISWAS et al., 1999; MACKA, 2001; REDDY et al., 2004 <i>apud</i> OZDEMIR & BIRD, 2009).....	80
Tabela 19 - Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987). (Obs.: 4 pontos (situação natural), 2 e 0 pontos (situações leves ou severamente alteradas).....	82
Tabela 20 - Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997). (Obs.: 5 pontos (situação natural), 3, 2 e 0 pontos (situações leve ou severamente alteradas).....	83
Tabela 21 - Continuação da tabela 60: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997). (Obs.: 5 pontos (situação natural), 3, 2 e 0 pontos (situações leve ou severamente alteradas).	84
Tabela 22 - Distribuição dos pontos do Protocolo de Avaliação de Rápidos (adaptado de Callixto et al., 2002; XAVIER & TEIXEIRA, 2007).	86
Tabela 23 - Propriedades morfológicas dos materiais pedológicos das vertentes (SBCS, 1982).....	109
Tabela 24 - Variação das propriedades morfológicas dos diferentes materiais geológicos da área de estudo.	123
Tabela 25 - Teor dos sólidos em suspensão da área de estudo.	127
Tabela 26 - Distribuição granulométrica dos materiais geológicos da área de estudo.....	131
Tabela 27 - Distribuição geral da pontuação do Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1981).	136

Tabela 28 – Descrição dos parâmetros morfométricos da área de estudo.....	137
Tabela 29 - Tipo climático local (KÖPPEN & GEIGER, 1928 <i>apud</i> PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).	144
Tabela 30 - Tipo climático local - Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).	145
Tabela 31 – Temperatura média - Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).	146
Tabela 32 - Pontuação Parcial dos parâmetros climáticos.	147
Tabela 33 – Natureza do substrato.	147
Tabela 34 - Tipos de solos.	149
Tabela 35 - Pontuação Parcial dos parâmetros geológicos.	150
Tabela 36 - Tipos de vales fluviais.	150
Tabela 37 - Tipologia fluvial e suas características distintas (adaptado de DOEGLAS, 1962; CUNHA & GUERRA, 1996; AHMED & FAWZI, 2009; BARROS; RAPOSO; MAGALHÃES JÚNIOR, 2009; WARN, 2011).	151
Tabela 38 - Grau de Inclinação (EMBRAPA, 1979).	151
Tabela 39 - Tipo de vertentes (adaptado de NBR 11682, 2006).	152
Tabela 40 - Pontuação Parcial dos parâmetros geomorfológicos.	152
Tabela 41 - Tipo de regime.	153
Tabela 42 – Vazão (m^3/s).	153
Tabela 43 - Ocorrência de nascente.	154
Tabela 44 – Sólidos em suspensão (% de sedimento/ 500ml)	155
Tabela 45 - Pontuação Parcial dos parâmetros hidráulicos.	155
Tabela 46 – Textura dos solos (granulometria).	156

Tabela 47 – Permeabilidade dos solos (adaptado de STANCATI; NOGUEIRA; MONJEVILAR, 1981 <i>apud</i> LORANDI et al., 2001).	157
Tabela 48 - Teor de matéria orgânica dos solos.	157
Tabela 49 – Grau de Saturação dos materiais geológicos (adaptado de IAEG, 1979).....	158
Tabela 50 - Problemas geotécnicos.....	159
Tabela 51 - Pontuação Parcial dos parâmetros geotécnicos.	159
Tabela 52 - Faixa marginal (mata ciliar).....	160
Tabela 53 – Característica da faixa marginal (mata ciliar).....	160
Tabela 54 - Aspecto vegetacional da mata ciliar.....	161
Tabela 55 - Tipo de vegetação na drenagem (fixação ao leito).....	161
Tabela 56 - Cobertura do solo da mata ciliar.	162
Tabela 57 - Pontuação Parcial dos parâmetros ecológicos.....	162
Tabela 58 - Infra-estruturas públicas e privadas	163
Tabela 59 - Tipo de uso e ocupação.....	164
Tabela 60 - Valores da massa, área do casco e pressão de animais (adaptado de SOUSA et al., 1998 <i>apud</i> SOUSA et al., 1998).	165
Tabela 61 - NÚMERO de animais por hectare.....	166
Tabela 62 - Tipo de pastagem.	166
Tabela 63 – Planejamento do uso do solo.	167
Tabela 64 - Infra-estruturas pra controle de erosão	167
Tabela 65 - Tipo de Manejo (VIEIRA et al., 1996; BANCO DO NORDESTE, 1999; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999;).....	168

Tabela 66 - Localização do cultivo agrícola na planície fluvial.	169
Tabela 67 - Tipo de cultura (adaptado de BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; PONS, 2006 apud CEREDA JUNIOR, 2006).	170
Tabela 68 - Pontuação Parcial dos parâmetros relacionados ao uso e ocupação.	170
Tabela 69 – Pontuação adotada para a classificação paramétrica do curso d'água.....	171
Tabela 70 – Proposta de classificação final baseada na pontuação obtida após sua aplicação por segmento.	173
Tabela 71 - Dados provenientes do ensaio de infiltração.....	176
Tabela 72 - Tipo climático local (Köppen-Geiger).	252
Tabela 73 - Tipo climático local - Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).....	253
Tabela 74 – Temperatura média - Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).....	253
Tabela 75 – Natureza do substrato.....	254
Tabela 76 - Tipos de solos.....	254
Tabela 77 - Tipos de vales fluviais.....	255
Tabela 78 – Tipo de canal fluvial.	255
Tabela 79 - Grau de Inclinação do terreno (EMBRAPA, 1979).	255
Tabela 80 - Tipo de vertentes (adaptado de NBR 11682, 2006).	256
Tabela 81 - Tipo de regime.....	256
Tabela 82 – Vazão (m ³).....	256
Tabela 83 - Ocorrência de nascente.	257

Tabela 84 – Sólidos em suspensão (% de sedimento/ 500ml)	257
Tabela 85 – Textura dos solos (granulometria).....	258
Tabela 86 – Permeabilidade dos solos (adaptado de STANCATI; NOGUEIRA; MONJEVILAR, 1981 <i>apud</i> LORANDI et al., 2001).	258
Tabela 87 - Teor de matéria orgânica dos solos.	258
Tabela 88 – Grau de Saturação (adaptado de IAEG, 1979).....	259
Tabela 89 - Problemas geotécnicos.....	259
Tabela 90 - Faixa marginal (mata ciliar).....	260
Tabela 91 – Característica da faixa marginal (mata ciliar).....	260
Tabela 92 - Aspécto vegetacional da mata ciliar.	260
Tabela 93 - Tipo de vegetação na drenagem (fixação ao leito).....	260
Tabela 94 - Cobertura do solo da mata ciliar.	260
Tabela 95 - Infra-estruturas públicas e privadas	261
Tabela 96 - Tipo de uso e ocupação.....	261
Tabela 97 – Tipo de animal Valores da massa, área do casco e pressão de animais do Vale do Pajeú, em Pernambuco (adaptado de SOUSA et al., 1998 <i>apud</i> SOUSA et al., 1998).....	262
Tabela 98 - N° de animais por hectare.....	262
Tabela 99 - Tipo de pastagem.	263
Tabela 100 – Planejamento do uso do solo.	263
Tabela 101 - Infra-estruturas pra controle de erosão	263
Tabela 102 - Tipo de Manejo (VIEIRA et al., 1996; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).....	263

Tabela 103 - Localização do cultivo agrícola na planície fluvial.	264
Tabela 104 - Tipo de cultura (adaptado de BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; PONS, 2006 apud CEREDA JUNIOR, 2006).	264
Tabela 105 - Somatório total da pontuação para classificação final do curso d'água.....	265
Tabela 106 - Ensaio de granulometria dos materiais geológicos da área de estudo.....	266
Tabela 107 - Variação da capacidade de infiltração da área de estudo.	268
Tabela 108 – Variação dos dados de campo baseados no Sistema de Avaliação Geoambiental.	270

SUMÁRIO

Resumo	XI
Abstract	XIV
SIGLAS E ABREVIACÕES	XVII
Lista de Figuras	XIX
Lista de Tabelas	XXIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	6
3. JUSTIFICATIVA	7
3.1 Localização da Área de Estudo	8
4. REVISÃO DE LITERATURA.....	10
4.1 Abordagens utilizadas em estudos de erosão e suas múltiplas escalas	11
4.2 Variáveis que influenciam na degradação dos rios e de seu entorno ..	13
4.2.1 O clima como agente modelador do terreno.....	16
4.2.2 Condicionantes geológicos indutores da erosão	21
4.2.3 Parâmetros geomorfológicos dos problemas geotécnicos ocorrentes em áreas em erosão.....	25
4.2.4 Parâmetros hidráulicos	31
4.2.5 Parâmetros pedológicos e geotécnicos.....	33
4.2.5.1 Problemas geotécnicos ocorrentes em rios e em suas margens.	38
4.2.6 Parâmetros Ecológicos Relacionados aos Processos de Erosão....	41

4.2.7	Uso e ocupação do solo.....	45
4.3	Propriedades pedológicas (físicas e morfológicas).....	62
4.4	Sistemas de avaliação da qualidade dos ambientes fluviais	67
4.4.1	<i>The River Styles Framework</i> (NSW & DLWC).....	72
4.4.2	Análise Morfométrica dos Ambientes Fluviais	74
4.4.3	Protocolo de Avaliação de Rápidos.....	81
5.	CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO	88
5.1	Caracterização regional do Meio Físico.....	88
5.2	Caracterização geoambiental do Córrego das Cruzes	92
6.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	102
6.1	Levantamento Topográfico e Topobatimétrico por Estação Total.....	103
6.2	Levantamento ecobatimétrico	105
6.4	Representação das curvas de nível e das isópatas.....	107
6.5	Medição de Vazão por Molinete	108
6.6	Caracterização morfológica dos depósitos consolidados e inconsolidados.....	109
6.7	Caracterização granulométrica e textural da área de estudo.....	110
6.8	Teor de matéria orgânica	110
6.9	Sólidos em Suspensos Totais	112
6.10	Medição de infiltração do solo	114
6.11	Mapeamento Geológico-geotécnico por Detalhamento Progressivo	116
7.	AVALIAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO POR TÉCNICAS DISTINTAS.	118
7.1	Abordagem geológico-geotécnica de avaliação ambiental em ambiente fluvial	118
7.1.1	Caracterização geológica.....	118

7.1.2	Caracterização pedológica	121
7.1.3	Caracterização geotécnicas dos sedimentos	127
7.1.4	Avaliação geotécnica da área de estudo	128
7.2	Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1981; adaptado de CALLIXTO et al., 2002; XAVIER & TEIXEIRA, 2007)	133
7.3	Análise morfométrica da área de estudo	137
8.	PROPOSTA DE SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE EROSÃO FLUVIAL	140
8.1	Parâmetros Climáticos	144
8.2	Parâmetros Geológicos	147
8.3	Parâmetros Geomorfológicos	150
8.4	Parâmetros Hidráulicos	152
8.5	Parâmetros Pedológicos e Geotécnicos	156
8.6	Parâmetros Ecológicos	160
8.7	Parâmetros relacionados ao uso e ocupação do solo	162
9.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	174
9.1	Comparação entre técnicas distintas	174
9.2	Análise dos dados do Sistema de Avaliação Geoambiental	178
10.	CONCLUSÕES	189
10.1	Sugestões de pesquisas futuras	191
10.	BIBLIOGRAFIA	192
	Apêndice 1	231
	Apêndice 2	251
	Apêndice 3	266
	Apêndice 4	268
		XXXIII

Apêndice 5	270

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso mineral indispensável à manutenção da vida, sendo encontrada em diferentes ambientes/ ecossistemas.

Este patrimônio exerce um papel fundamental para todos os elementos do meio natural e do espaço construído.

No entanto, ela é utilizada, também, nos processos biológicos (alimento), como matéria-prima, na irrigação de vegetais úteis, como também, em aquavias, na geração de energia elétrica, na refrigeração de máquinas, nos processos químicos industriais e construtivos, na limpeza de ruas e no transporte de dejetos e resíduos em geral (BRANCO, 1991).

A água é um importante agente modelador do relevo, pois seu contato com as rochas causa alterações geoquímicas e geomecânicas, a ponto de transformar rochas em solos (residuais) ou erodir o manto de intemperismo, criando solos transportados e depósitos sedimentares inconsolidados ou mesmo erodindo os diferentes materiais geológicos encontrados próximos à superfície. Quando em circulação, mesma exerce um papel fundamental pois, além de distribuir os materiais geológicos de frações diferentes ao longo do terreno, propicia que a superfície evolua ao longo do tempo e do espaço.

Quando em escoamento, a água pode transportar estes materiais em suspensão, saltação e tração, dependendo do tamanho e densidades dos mesmos, ao longo do local onde a mesma se desloca, podendo gerar depósitos e estratificações geológicas, segundo a hidrodinâmica no interior do canal.

A água, quando encontrada em estado sólido, na forma de geleira, tem o poder de criar feições geomorfológicas, típicas de climas frios, como por exemplo, os vales fluviais em U, estrias glaciais, depósitos de morenas, áreas formadas ao longo das geleiras que apresentam materiais geológicos de fração geralmente grosso, formados pela ação direta das geleiras, etc., devido ao peso do gelo em conjunto com os fragmentos de rochas transportados na parte frontal e lateral dessa massa congelada, promovendo a abrasão no substrato rochoso.

Sob intervenção humana, o poder de alteração ambiental causado pela água é potencializado, pois ao entrar em contato com solos e rochas, em especial as de baixa competência, promove a erosão de suas margens, disponibilizando materiais geológicos que podem acelerar o processo natural de colmatação (assoreamento) dos corpos aquosos, comprometendo assim, todo o ecossistema fluvial.

Áreas ocupadas ao longo de rios, lagos e demais reservatórios, podem estar sujeitas a inundações, causando diversos problemas sócio-econômicos, inclusive, a proliferação de doenças, como a leptospirose, destruições de imóveis e infra-estruturas de importante uso público, entre outros danos. Nos grandes centros urbanos, como na cidade de São Paulo (TUCCI, 1997) e Rio de Janeiro (CAMBRA & COELHO NETO, 1997), essas áreas estão sujeitas aos problemas comentados anteriormente, gerando problemas sócio-econômicos e ambientais para a população e economia local.

Em áreas rurais, a modificação do uso do solo e alteração da faixa marginal têm acelerado o processo de erosão, criando feições erosivas do tipo ravina, voçoroca e erosão linear ao longo do seu leito maior e excepcional, podendo assorear os diferentes corpos aquosos.

Por tal importância que a água exerce na vida de toda uma sociedade, compreender sua dinâmica e interação, no caso, dos rios e córregos, com suas respectivas margens, sob o ponto de vista conservacionista, por exemplo, é de suma importância para se ter um ambiente mais harmônico entre homem e meio, via desenvolvimento sustentável.

Embora os rios sejam feições dinâmicas de curta duração, sob o ponto de vista geológico, tais elementos da paisagem estão sujeitos à interação entre as diferentes variáveis (volume de precipitação pluviométrica e velocidade dos ventos, condições geológico-geotécnicas de suas margens, flutuações climáticas; presença ou ausência de matas ciliares; vulcanismo e tectonismo, dentre outras questões), que dialogam entre si, com fluxos de matéria e energia diferenciados.

Por conta disto, avaliar as condições geoambientais destes ecossistemas e padronizar as variáveis relacionadas e correlacionadas ao processo de degradação dos rios é de suma importância, pois permite, além de comparar às condições do

meio, ter seus dados utilizados no planejamento ambiental, em cursos d'águas localizados nas mais diversas áreas (rurais, urbanas, industriais, mistas e "naturais").

Do ponto de vista investigativo, estes ecossistemas são analisados sob diversas perspectivas, embora a maioria delas não seja adequada à compreensão processual da degradação ambiental, posto que põe em foco questões específicas, que as tornariam ineficazes na classificação do estado de conservação, não permitindo ou mesmo dificultando a comparação entre diferentes drenagens, pelo fato de que as variáveis envolvidas serem diversas.

O foco da maioria destas avaliações é variado, não considerando questões de natureza geomorfológica, geológico-geotécnica, bem como, hidrossedimentológica por exemplo, atores participantes do processo erosivo. Isso torna penosa a aplicação dos sistemas de avaliações vigentes, como testado por Albuquerque Sobrinho et al. (2010), no caso, o Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1987). Faz-se, portanto, necessário uma abordagem multidisciplinar, envolvendo questões relacionadas às diferentes áreas do conhecimento, como climatologia, ecologia, hidráulica, pedologia, geologia, geomorfologia e geotecnia.

No outro extremo, a observação sobre a dinâmica da paisagem propiciou que muitos estudiosos criassem e utilizassem parâmetros morfométricos na classificação dos rios e das bacias hidrográficas (geomorfológica), tais como o hierarquização de drenagem (STRAHLER, 1952 apud COELHO NETTO & AVELAR, 2002), os padrões das drenagens (LEOPOLD & WOLMAN, 1957; SCHUMM, 1963; DURY, 1969; CHITALE, 1970 apud CRISTOFOLETTI, 1981; CANT, 1982 apud NICHOLS, 1999), formato dos vales fluviais (THORNBURY, 1969) e pela disposição morfométrica (ROSGEN, 1994).

Sob o ponto de vista ecológico, a classificação dos rios é feita tanto na análise ambiental quanto no biomonitoramento, através do uso de comunidades biológicas, como por exemplo, animais bentônicos.

Isto se deve ao fato de que "as comunidades biológicas fornecem respostas integrais aos poluentes, e perturbação humana através da exposição contínua de magnitude, duração e frequência de estressores, constituindo-se assim como um importante avaliador da saúde ambiental" (BARBOUR & PAUL, 2010).

Existem diferentes sistemas de avaliação fluvial, voltado para abordagens diferentes (ecológica, ecotoxicológica e geomorfológica) como por exemplo o Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1987), *River Habitat Survey* (BALESTRINI; CAZZOLA; BUFFAGNI, 2004), AQEM (HERING et al., 2004; BALESTRINI; CAZZOLA; BUFFAGNI, 2004). Urban River Survey (DAVENPORT; GURNELL; ARMITAGE, 2004), *Water Framework Directive* (BARBOUR & PAUL, 2010), Índices de Avaliações Ambientais para Qualidade da Margem de Rio, composto pelos índices: Índice de Estado Selvagem, Índice faixa tampão e Índice de Paisagem Ambiental (BRAIONI et al., 1994 *apud* BRAIONI et al., 2001), etc.

Devido à importância que os rios exercem na vida de toda uma sociedade, avaliar os diferentes níveis de degradação a que os mesmos estão sujeitos, é crucial na elaboração de políticas públicas conservacionistas.

Visando preencher esta lacuna, esta tese tem como objetivo propor um Sistema de Avaliação Geoambiental voltado aos ambientes fluviais, levando em consideração as variáveis que compõem esta trama de cunho sócio-econômico e ambiental, a fim de retratar além das condições do meio físico, os agentes causadores dos diferentes fenômenos de degradação destes ambientes, em uma perspectiva multidisciplinar e sistêmica.

O tema em questão surgiu em consequência da hipótese inicial da presente tese, onde ao analisar a área de estudo, por meio do mapa topográfico da região, percebeu-se que sua drenagem encontrava-se com alinhamento estrutural, dando como hipótese, a influência de feições morfotectônicas.

No trabalho de campo inicial, não foi encontrado nenhum elemento geológico a fim de apoiar essa hipótese, embora as camadas geológicas estejam discordantes em relação à orientação da drenagem.

Com o desenvolvimento do tema da degradação do ambiente fluvial, percebeu-se uma certa variedade de técnicas usadas para o propósito inicial (avaliação da drenagem em questão), surgindo a ideia de propor uma ferramenta de avaliação da qualidade física dos cursos d'água, de modo que a mesma apontasse os atores causadores da degradação do córrego em foco.

Desta forma, nasceu esta proposta investigativa, de cunho quali-quantitativa, que aqui se apresenta.

Para isto, a presente tese foi organizada da seguinte forma:

- a) O capítulo 1 – Introdução do tema e sua importância;
- b) O capítulo 2 – Apresentação dos objetivos da tese (geral e específicos);
- c) O capítulo 3 – Exposição da justificativa de se propor este sistema de avaliação voltado aos ambientes fluviais;
- d) O capítulo 4 – A revisão da literatura está inserida neste capítulo, onde os temas relacionados e correlacionados às abordagens fluviais foram revisados, bem como, as variáveis que compõem o corpo do sistema de avaliação em proposição foram expostos e justificados quanto aos pesos atribuídos as mesmas, seguido da técnica de mapeamento adotada, as propriedades morfológicas e físicas dos solos usadas na avaliação comparativa entre esta abordagem de cunho geológico-geotécnica e o sistema em questão; bem como a técnica de mapeamento geotécnico adotado no registro cartográfico dos dados obtidos;
- e) O capítulo 5 – Caracterização fisiográfica da área de estudo, tanto em um contexto regional, quanto local, é abordada neste capítulo, incluindo ainda a localização espacial da área de estudo;
- f) O capítulo 6 – Materiais e métodos adotados na elaboração deste trabalho são observados aqui, incluindo os procedimentos em campo, laboratório e em gabinete;
- g) O capítulo 7 – A apresentação dos resultados obtidos por meio do sistema de avaliação em foco com Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1987), é feita neste espaço, onde as bases conceituais que permeiam este capítulo foram explanados previamente, no capítulo 4;
- h) O capítulo 8 – Dos dados apresentados no capítulo anterior incluindo o registro cartográfico destas informações serão analisados aqui;
- i) O capítulo 9 – Apresentação das conclusões e considerações finais, bem como, propostas para pesquisas futuras;
- j) O capítulo 10 trazas referências bibliográficas adotadas no escopo desta tese.

2. OBJETIVOS

Geral:

- Propor um Sistema de Avaliação Geoambiental para cursos d'água localizados no interior do continente, de modo a servir como ferramenta de investigação e avaliação da qualidade física dos rios.

Específicos:

- Propor uma ferramenta para análise geoambiental aplicada a cursos d'água continentais;
- Comparar os resultados obtidos pelo sistema em proposição, com o Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1987), com a Análise Morfométrica (conjunto de parâmetros idealizados por diferentes autores), e com estudo geológico-geotécnico do Córrego das Cruzes;
- Avaliar a ferramenta de investigação geoambiental na análise do meio físico, e;
- Representar cartograficamente a condição ambiental da área de estudo por meio da técnica de Detalhamento Progressivo.

3. JUSTIFICATIVA

As técnicas usadas nas investigações sobre a qualidade ambiental dos rios, inclusive sobre os processos erosivos que ocorrem ao longo deles, além de serem diversas, apresentam variações quanto aos parâmetros a serem adotados para tais fins, apresentando resultados divergentes, se comparados com a realidade local.

Integrar as múltiplas variáveis que atuam diretamente e indiretamente na definição da qualidade ambiental, contribuiria, amplamente, no aprimoramento das análises de caráter sistêmico, facilitando a abordagem ambiental e comparação entre rios, que ao final, serviria como ferramenta a ser empregada no planejamento ambiental.

Estes dados serviriam na tomada de decisão sobre o gerenciamento, que futuramente, facilitaria na escolha da(s) técnica(s) mais apropriada(s) para o controle do processo erosivo, embora não seja o foco deste trabalho, não impede que através da aplicação deste sistema de avaliação, o(s) agente(s) deflagrador(es) do problema da erosão possa(m) ser sanado(s) ou minimizado(s), ao identificar os agentes causadores deste problema.

Por conta disso, propor um sistema que leve em conta o tipo climático, as formas de relevo existentes, a constituição geológica do local e suas características geotécnicas, incluindo, ainda, os tipos de uso do solo do entorno, etc., contribuiria para uma abordagem multidisciplinar, como também, auxiliaria na tomada de decisão, no gerenciamento e na escolha da(s) técnica(s) de controle de erosão mais adequado, embora tais questões não sejam o foco principal deste trabalho, não impedindo que através da aplicação deste sistema de avaliação, o(s) agente(s) deflagrador(es) do problema de degradação ambiental, que inclui a erosão (canal e/ou margens), possam ser corrigidos ou minimizados.

O sistema aqui proposto visa ser uma ferramenta a ser utilizada no planejamento do uso do solo localizado ao longo das drenagens fluviais, tanto em áreas rurais, urbanizadas, mineradoras e industrializadas, já que os rios são agentes potencializadores da degradação ambiental, podendo ser intensificado pela ação antrópica indiscriminada, sob condições desfavoráveis do meio físico.

O Córrego das Cruzes, local teste para o sistema de avaliação aqui proposto, é um curso de água de segunda ordem, cuja drenagem encontra-se em processo de degradação ambiental, posto que o mesmo apresenta diferentes problemas geotécnicos, como a erosão do solo formando feições erosivas do tipo laminar, ravina e voçoroca, assoreamento em parte do canal, dentre outros.

3.1 Localização da Área de Estudo

O Córrego das Cruzes está inserido na Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos 19, localizado a cerca de 30km do município de Santo Antônio do Aracanguá, cujo acesso, partindo da cidade de São Carlo/SP, é feito pelas vias: Rodovia Washington Luiz (BR-463), Rodovia Feliciano Salles da Cunha (BR-262), Estrada Municipal Major Prado (SP-463), Rodovia Dr. Elyeser Montenegro Magalhães (SP-463) e Estrada Municipal Santo Antonio do Aracanguá (SP-463), como mostra a figura 1.

O referido município conta com uma micro-bacia composta pelos rios: Ribeirão das Cruzes, 478,72km², Ribeirão do Barreira, 327,80km², Ribeirão Lambarí, 420,2km², Córrego do Aracanguá, 315,44km², e Ribeirão Macaúbas, 779,25km², que fazem parte do Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, 2009, - que se destina à UHE Três Irmãos (Rio Tietê). Vale salientar que o Córrego das Cruzes desagua em um ribeirão de mesmo nome.

A densidade populacional de Santo Antonio do Aracanguá é tida como inexpressiva (5,14 hab/km²) ao contrário de Araçatuba (30km de distância) que corresponde a cidade de maior densidade populacional da UGRHI 19 (Comitê da Bacia Hidrográfica do Baixo Tietê, 2009).

Figura 1 - Localização espacial da área de estudo (Fonte: Adaptado de Google, 2009 & CBH-BT, 2009).

4. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo é apresentado a revisão bibliográfica sobre os temas relacionados e correlacionados com a temática geral que compõe a tese, com ênfase nas variáveis que influenciam diretamente e indiretamente no processo de degradação fluvial, desde o próprio canal fluvial, como também, suas margens (leito menor ao excepcional).

Estas margens podem ocorrer em áreas de topografia aplainadas quanto íngremes, dependendo da evolução geológica e geomorfológica dos locais onde os rios se apresentam.

Esta revisão bibliográfica e a própria tese foram direcionadas aos ambientes fluviais continentais, posto que os processos deflagradores da alteração física em ambientes estuarinos são diferentes dos que ocorrem no continente, posto que na zona costeira, incluindo os estuários, apresentam fluxo de matéria e energia distintos, como citado por Meireles & Campos (2010): deriva litorânea, fluxo eólico, fluviomarinho, hidrogeológico, fluvial/pluvial, lacustre, lagunar e gravitacional. Poder-se-ia incluir, ainda, a interação entre estes fluxos com infra-estruturas construídas (portos *on shore* e *off shore* e demais construções civis, instalação de infra-estruturas de contenção à erosão costeira), cujo contato poderia contribuir na degradação geoambiental.

A dinâmica do processo erosivo não respeita as barreiras físicas naturais e artificiais, ao passo que integrar os fenômenos e variáveis realizadas que participam deste processo, não é uma das tarefas mais fáceis, pois as questões comumente observadas durante a degradação do meio físico dos ambientes fluviais foram levadas em consideração, para ser uma ferramenta tecnicamente mais acessível a grande maioria dos profissionais em geociências, bem como sua aplicação para fins didáticos (avaliação ambiental).

NO sistema aqui proposto, por haver muitos parâmetros de outras áreas do conhecimento, requerendo pessoas com bases conceituais mais generalistas (holístico) de outras áreas do saber, como geógrafos, geólogos, biólogos e engenheiros ambientais, ou mesmo a integração de profissionais de áreas distintas

para aplicação deste sistema, que coleta parte dos dados em campo e os processa em laboratório.

4. 1 Abordagens utilizadas em estudos de erosão e suas múltiplas escalas

Os corpos hídricos (rios e bacias hidrográficas), enquanto objetos de estudos, são analisados sob diferentes técnicas e escalas de observação.

A análise da vulnerabilidade à erosão dos rios e bacias, como também, a definição destes espaços pode ser realizada por meio de técnicas distintas.

As principais abordagens utilizadas em estudos sobre erosão em rios, tanto no Brasil quanto no exterior, podem ser observadas na tabela 1, onde alguns dos trabalhos produzidos são exemplificados, inclui-se, também definições a respeito do o curso d'água e localidade da mesmo.

Ao se observar a tabela 1, pode-se perceber como as técnicas de obtenção de dados espaciais vêm se aprimorando. Desde década de 80 do século passado, o uso de sensores remotos por fotografia aérea contribuíram para os estudos ambientais; nos dias atuais, também pode-se constatar o uso de outros sensores de forma popularizada, como por exemplo, uso de imagens de satélites e a fixação de Escâner a Laser em aeronave permitiu o aprimoramento das técnicas de coleta de dados, sob diferentes escalas de observação.

Vale salientar que, em função das características da área de estudo, optou-se em elaborar o mapa básico, bem como, os temáticos a partir de informações oriundas de levantamentos topográfico e batimétrico por Estação Total, já que o córrego em questão além de ser estreito e raso, o Núcleo de Hidrometria do PPG-SEA possui este equipamento para tal finalidade.

Neste quesito, os equipamentos usados foram: estação total (margens e canal na porção mais rasa) e ecobatimetria (contato entre o Córrego das Cruzes e Ribeirão das Cruzes).

Os dados relacionados aos equipamentos e aos procedimentos utilizados durante a realização da coleta de campo encontram-se em Materiais e Métodos (ver capítulo 6).

A tabela 1 exemplifica os diferentes trabalhos relacionados ao ambiente fluvial, onde se pode constatar a diversidade de técnicas que podem ser utilizadas para fins distintos, embora TODAS elas passíveis de serem aplicadas ao estudo da qualidade física de rio, foco principal desta tese.

Tabela 1 - Exemplos das diferentes abordagens adotadas no estudo do problema da erosão em ambientes fluviais comumente adotados.

Técnica	Local	Autor
Cartografia por aerofotogrametria	Bacia Wollongong, Illawarra – Austrália	NANSON & YOUNG (1981)
Cartografia, Topografia e batimetria	Rio Paraná, Porto Rico – PR	SANTOS; FERNANDEZ; STEVAUX (1992)
Simulação computacional (SWAT, Simulação computacional)	Ribeirão do Marins, Piracicaba – SP	MACHADO (2002)
Análise morfométrica e cartografia	bacia hidrográfica do Rio Mogi Guaçu, região Centro-Oriental	ZANCOPÉ (2004)
Simulação computacional (EUPS/SWAT + geoprocessamento)	Ribeirão do Feijão, São Carlos – SP	MINOTI (2006)
Simulação computacional (RUSLE + geoprocessamento)	Bacia de Ribagorzana, Huesca – Espanha	VICENTE; NAVAS; MACHÍN (2009)
Scanner laser terrestre (LiDAR)	Glaciares Mont Miné e Ferpècle, Valais – Suíça	MILAN et al. (2007)
GPS e Protocolo de Avaliação Rápida de Diversidade de Habitats	Rio São João, Itaúna – MG	XAVIER & TEIXEIRA (2007)
Zoneamento ambiental, geoprocessamento, ensaios geotécnicos, cartografia geotécnica	Rios Jacupiranga e Pariquepr-açu, Vale do Ribeira – SP	LOURES (2008)
Ground Penetration Radar (GPR)	Rio Taquari, Pantanal Matogrossense	MOUTINHO; PORSANI; PORSANI (2005)
Simulador de chuva, geoprocessamento e ensaios laboratoriais	Microbacia do Rio Caiabi (Bacia Amazônica), MT	FRANCESCHET et al. (2010)

4.2 Variáveis que influenciam na degradação dos rios e de seu entorno

De acordo com Christofolletti (1980), a erosão fluvial ocorre através de três processos distintos: a corrosão (engloba todo e qualquer processo químico que se realize, como reação entre a água e as rochas superfícies que estão em contato com a água); corrasão (desgaste mecânico causado pelo atrito das partículas carregadas pela água, onde tais materiais causam a abrasão do leito, promovendo o polimento do substrato rochoso) e a cavitação (ocorre pelas variações de pressões sobre as paredes do canal, facilitando a fragmentação de suas rochas, devido às condições elevadas de velocidades da água).

Contudo, a erosão pode ocorrer tanto no interior dos rios quanto nas bacias hidrográficas, ocorrendo em diferentes porções não só no interior da própria drenagem como também, em suas margens, podendo seu processo erosivo ocorrer de forma mista, ao longo da mesma.

A capacidade de erosão do terreno, no caso, o espaço entre o talvegue e o leito excepcional, dependendo das diferentes variáveis, como o clima, formas de relevo, as condições geológico-geotécnicas de solos e rochas, condicionantes hidrodinâmicos do rio, aspectos vegetacionais do entorno (higrófilas, higrófitas e matas ciliares), bem como, uso e ocupação da bacia e da drenagem, pois dependendo do tipo de utilização, o impacto nas margens e no interior do rio pode ser mais proeminente, gerando, dentre outras coisas, erosão e deposição de materiais geológicos, na forma de assoreamento.

A capacidade dos rios serem degradados, no caso, o espaço geomorfológico entre o talvegue e o leito excepcional, dependendo ainda de diferentes variáveis, como o clima, formas de relevo, as condições geológico-geotécnicas de solos e rochas, condicionantes hidrodinâmicos do rio, tipo de vegetação do entorno (higrófilas, higrófitas e matas ciliares), as formas de uso e ocupação da bacia e da drenagem, elaborando feições erosivas nas margens e assoreamento do canal.

Vale ressaltar que, na natureza, os elementos da paisagem tais como clima, solo, vegetação, entre outros, interagem entre si, dificultando uma análise detalhada do papel de cada elemento, atuando no processo de degradação ambiental, tanto

facilitando o processo quanto amenizando-o, em uma distribuição de forças (ação-reação).

Lal (1990) *apud* de Lima, (2003) agrupou as diferentes variáveis através das características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas dos solos que proporcionam diferentes comportamentos durante o processo erosivo (ver tabela 2).

Na tabela 2, estes fatores que influenciam no problema da erosão foram compartimentados em: propriedades, fatores, e características físicas, químicas e biológicas.

Tabela 2 - Fatores que influem na suscetibilidade à erosão dos solos (adaptado de LAL, 1990 *apud* de LIMA, 2003).

FATORES QUE INFLUEM NA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DOS SOLOS		
PROPRIEDADES	FATORES	CARACTERÍSTICAS
Mecânicas	Textura	Influi no destacamento e carreamento de partículas do solo. Determina a facilidade com que o solo se dispersa.
	Estrutura	Formação de agregados que resistem à dispersão, aos efeitos abrasivos da água de escoamento e ao destacamento. Grau de agregação e distribuição de agregados estáveis.
	Tamanho dos torrões e cultivos do solo	Resistência à desagregação pela chuva e erosão pelo vento.
	Formação de crosta	Responsável pela alta taxa de escoamento superficial. Desenvolve-se em solos com baixa porcentagem de matéria orgânica.
Resistência	Resistência ao cisalhamento	Rolamento e deslizamento de grãos. Importante no destacamento de partículas de solo (impacto e escoamento superficial).
	Retenção de água	O estado de energia da água do solo ou pressão neutra influencia a resistência ao cisalhamento do solo. Resistência do solo ao arrastamento pela água é influenciada pela umidade inicial ou antecedente. Solos secos são mais susceptíveis à erosão pelo vento e pela água do que solos úmidos.

Hidrológicas	Transmissão de água no solo-infiltração	Taxa de infiltração determina o maior ou menor volume de escoamento superficial.
	Permeabilidade	Solos com permeabilidade extremamente baixa a moderada geram mais escoamento superficial.
Reológicas	Sistema solo/água	Umidade do solo influi na suscetibilidade à erosão por afetar a coesão, a resistência ao cisalhamento, consistência e plasticidade.

Continuação da tabela 2.

FATORES QUE INFLUEM NA SUSCETIBILIDADE À EROSÃO DOS SOLOS		
PROPRIEDADES	FATORES	CARACTERÍSTICAS
Químicas e mineralógicas	Matéria orgânica	Influencia a distribuição granulométrica, propriedades de retenção e transmissão de água. Fortalece as ligações que estabilizam as unidades estruturais e mantém um balanço favorável entre retenção e transmissão nos poros. Diminui o efeito de compactação. Concentração de matéria orgânica nos micro-agregados aumenta a sua resistência à desagregação ("Slacking") e à dispersão. Elevadas concentrações de M.O. em alguns solos são responsáveis pelas características hidrofóbicas.
Características do perfil	Argilo-minerais	Estrutura do solo e a sua resistência são influenciadas pela quantidade e natureza dos argilo-minerais. Fração fina do solo interage com a matéria orgânica para formar agregados estáveis que resistem ao impacto das gotas da chuva.
	Diretos e indiretos	Influencia a erosão direta e indiretamente. Influência sobre o escoamento subsuperficial de água em decorrência de mudanças nas propriedades hidrológicas de diferentes horizontes. Influência sobre o crescimento vegetal.

Parte destas variáveis faz parte do sistema de avaliação desta tese, cujos parâmetros e pesos foram atribuídos na participação destes na degradação dos rios e de suas margens, como pode ser observado no capítulo 7.

Embora esta tese esteja relacionada com as condições geoambientais dos corpos fluviais, incluindo o processo erosivo que pode ocorrer no interior dos canais naturais, os solos localizados nas margens dos corpos d'água exercem um papel importante no processo erosivo das drenagens, já que este problema geotécnico afeta, além do próprio canal (leito menor) até à área correspondente ao leito excepcional, cuja observação do limite físico da drenagem é observada nas enchentes que ocorrem em longos intervalos de tempo (anos e/ou décadas).

A seguir é apresentado o arcabouço teórico dos elementos que compõem o sistema de avaliação de erosão em rios, iniciando-se pelas abordagens feitas neste tipo de estudo, suas múltiplas escalas de análise e seus aspectos técnico-instrumental.

4.2.1 O clima como agente modelador do terreno

O clima exerce um papel fundamental, não só na produção de alimentos (DANTAS; CARVALHO; FERREIRA, 2007), como também, como um importante agente modelador da superfície do planeta.

De modo geral, sua ação dá-se pela interação entre os elementos do clima (temperatura, umidade, ação do vento, crioclastia e pelo volume de precipitação pluviométrica) com a superfície do terreno (tanto em solo quanto em rocha).

O volume de precipitação pluviométrica e sua distribuição espacial têm um papel importante na dinâmica ambiental, embora seus efeitos possam ser drásticos quando associado aos tipos de uso do solo, cujos efeitos transcendem aos impactos sócio-econômicos e ambientais associados, como citado por Menescal; Figueiredo; Franco (2005), para a cidade de Fortaleza (capital do Ceará, nordeste do Brasil).

Uma de suas características, enquanto agente modelador do terreno, é o de retrabalhar os materiais geológicos que compõem o substrato (terroso e rochoso), pois em regiões de clima semi-árido, por exemplo, o escoamento superficial e produção de sedimentos gerados têm um papel importante, já que a constituição vegetal predominante xerófita não permite grande proteção ao impacto das gotas de chuva sobre o solo (efeito "splash"), e em conjunto com práticas predatórias, como

as queimadas, os sedimentos produzidos são carregados em direção aos rios e demais reservatórios, causando o assoreamento e perda da capacidade de acumulação de água, prejudicando o abastecimento das comunidades (SANTOS, 2009).

Nestes locais, onde predomina a ação física do clima sobre o meio, cujo volume e a distribuição das chuvas são irregulares, este processo ocorre de forma diferente ao longo do processo pedogenético, fazendo com que os solos sejam rasos, tendendo a pedregosos, cuja vegetação xerófita é adaptada ao regime climático.

“Sob a atuação de climas regidos por temperaturas relativamente elevadas e períodos destacados de déficit e excedente pluviométrico, as superfícies aplainadas dos continentes são submetidas à ação do intemperismo químico que constrói e reconstrói suas formas, juntamente com as estruturas das rochas que as compõem. Ao contrário dos processos mecânicos de transformação do relevo, a formação e o equilíbrio das formas concrecionárias e/ou lateríticas é algo que se desenvolve lentamente, envolvendo longos períodos de tempo” (CABRAL & PRADO, 2008).

Os componentes que atuam na caracterização climática de uma determinada região estão associados à dinâmica atmosférica, que atuam nos diferentes sistemas atmosféricos (ZCAS, ZCIT, massas polares, equatoriais, etc.) atribuindo-lhe particularidades regionais, associadas à localização geográfica (altitude, maritimidade e continentalidade), etc.

Através da gama de variáveis que compõe o clima, diferentes classificações climáticas foram criadas, incluindo as de Köppen (1928) e Thornthwaite (1948).

Neste trabalho adotou-se a de Köppen por ser uma das mais difundidas, e de fácil utilização.

Nesta classificação, Köppen identificou as regiões climáticas da terra, por meio da vegetação, associando valores numéricos referentes à temperatura e volume de precipitação pluviométrica e neste sentido, segmentou-se 5 zonas fundamentais de clima, separando as variedades específicas de precipitação e temperatura (OMETTO, 1981).

Köppen & Geiger (1928) e Ometto (1981), Köppen compartimentou em duas zonas distintas, onde uma era de climas úmidos (A – Tropical chuvoso, C –

Temperado chuvoso e, D – Clima boreal/ Bosque nevado) e outra de climas secos (zona de clima B – Climas secos), que por outro lado, foram subdivididas de acordo com o valor apresentado nos 4 meses, cuja temperatura foi maior ou menor que 10°C: a – Subtropical ($> 22^{\circ}\text{C}$), b – Temperado ($< 22^{\circ}\text{C}$), ou mesmo maior ou menor que 38°C, c – Frio ($> 38^{\circ}\text{C}$), e, d – Muito frio ($< 38^{\circ}\text{C}$).

Quanto ao papel exercido pelo clima nas atividades agrícolas, Dantas, Carvalho e Ferreira (2007) afirmam que a precipitação pluviométrica corresponde a um dos elementos climáticos que pode apresentar grande variabilidade. Neste caso, o excesso ou falta de água afeta o sistema solo-planta atmosfera e reduz a produtividade agrícola., os autores não aconselham seu uso em estudos agroclimáticos regionais como na determinação de zonas agrometeorológicas, que não é o caso desta tese.

A precipitação pluviométrica é sem dúvida um dos maiores agentes causadores da erosão, pois sua ação se dá pela água da chuva em que as forças devidas ao escoamento superficial e subsuperficial que se instalam em função de um episódio de precipitação são capazes de proceder ao arranque e arraste das partículas do solo (SCHMIDT, 1991; GONÇALVES, 2002; VALDIVIESO, 2004; ZUQUETTE; CARVALHO; YAMANOUTH, 2007).

Em regiões de clima árido e semi-árido, o vento constitui como um importante agente erosivo, transportando o material geológico particulado, pela movimentação e circulação do ar (ZACHAR, 1982), embora tal fenômeno não tenha sido observado na área de estudo, o mesmo não foi incluído neste sistema de avaliação, por ser um fenômeno que ocorre, principalmente, em áreas em costeiras e desérticas, cujo aporte de sedimento e a velocidade dos ventos são o suficiente enérgicas para transportar estes produtos particulados, ao longo de uma determinada área.

Por outro lado, estes locais com baixo volume anual de chuva também estão sujeitos às precipitações extremas, onde chuvas de grande volume e pouca duração têm um enorme poder de erodir os solos e causar o assoreamento dos cursos de água.

A região da área de estudo se enquadra na faixa climática, segundo Köppen (1966) Aw, como pode ser observado na figura 2.

Através da figura 3, observa-se a predominância do tipo climático Aw (Tropical chuvoso com inverno seco) e do tipo Af (clima tropical úmido ou superúmido, sem estação seca, onde a temperatura média do mês mais quente é superior a 18°C) para o Estado de São Paulo, conforme mostrado por Rolim et al. (2007).

Figura 2 - Distribuição climática do Estado de São Paulo pelo sistema de Köppen (adaptado de SETZER, 1966 *apud* ROLIM et al. 2007).

Botelho & Guerra (2003) elaboraram um estudo sobre a erosão dos solos, onde estes autores relacionaram o volume de precipitação de distintas áreas climáticas brasileiras em condições críticas de erosão, onde percebeu-se que o problema da erosão e consequentemente a degradação dos cursos de água, ocorrem sob diferentes condições climáticas e de meio físico distintas, sendo que em alguns casos, o uso inadequado dos solos com alta susceptibilidade à erosão foi potencializado pelo uso social, como pode ser vista através da tabela 3.

A tabela 3 expressa os problemas sócio-ambientais que ocorrem nas diferentes zona climáticas do Brasil, embora certos problemas sejam comuns em diferentes áreas, como no caso do assoreamento dos corpos d'água.

Contudo, Schmidt (1991) comenta que, quando a intensidade da chuva é constante, o impacto causado pelas precipitações pluviométricas diminuem com o aumento do "run off" e aumento da profundidade do fluxo.

Geograficamente, as características físicas da chuva variam ao longo do território brasileiro, como apresentado por Crepani et al., (2001) *apud* Crepani; Medeiros; Palmeira (2004).

Nas áreas urbanizadas, as precipitações pluviométricas de grande intensidade podem transportar os detritos provenientes do transporte feito pela água, durante o período de inundação, podem gerar assoreamento de parte da drenagem, alteração física de suas margens, erosão marginal e demais feições geomorfológicas existentes (WOLMAN, 1967).

Tabela 3 - Processos erosivos e seus impactos ambientais em áreas críticas brasileiras (Adaptado de BOTELHO & GUERRA, 2003).

Áreas críticas	Precipitação pluviométrica (mm)	Problemas de erosão
Noroeste do Paraná	1.100 – 1.600	Acelerados pelo ocupação territorial e formação de áreas urbanas; atividades agrícolas e aspectos geotécnicos desfavoráveis
Planalto central	1.500	Processo de ocupação desordenado do campo e alta mecanização das atividades no campo, causando compactação dos solos, ocorrência de erosão nos solos.
Oeste paulista	1.254	Área territorial com maior ocorrência de problemas erosivos, solos geralmene arenosos, inversão de usos do solo (urbano x rural), assoreamento de fundo de vales e rios,
Médio vale do Paraíba do Sul	1.250	Área formada por relevos do tipo mares de morros, com estação seca bem marcada (4 a 5 meses), forte incidência de erosão malinar e linear, assoreamento de diferentes reservatórios e derrubada de florestas nativas.
Campanha Gaúcha	1.400	Área em processo de desertificação por conta dos intensos processos erosivos, os solos apresentam textura arenosa, formação de ravinas e voçorocas nos interflúvios e meia encosta, pouca cobertura vegetal e aceleração do escoamento superficial.
Trângulo Mineiro	Semi-úmido e tropical úmido	Importante região agropecuária do Estado de Minas Gerais apresenta climas distintos, declividades do terreno variando entre 25° e 40° onde afloram o basalto e de 2° a 5° em área de relevo de topos aplainados e largos.

Desta forma, os parâmetros referentes ao clima, baseados na classificação de Köppen & Geiger (1928) foram compilados e seus respectivos pesos foram atribuídos, como se observa nas tabelas 4, 5 e 6 esta variável foi subdividida em três tabelas distintas em função da forma que a mesma foi proposta por KÖPPEN & GEIGER (1928).

4.2.2 Condicionantes geológicos indutores da erosão

O processo de desgaste dos diferentes substratos geológicos (rochas, solos e depósitos sedimentares) ocorre segundo a dinâmica ambiental do local e da formação que os elabora.

As rochas são classificadas em três grandes grupos, baseados nos processos de formação das mesmas (ígneas, metamórficas e sedimentares).

Com relação à susceptibilidade ruptura de taludes rochosos, bem como a elaboração de feições erosivas nas porções compostas por solos residuais, Silva, Schulz e Camargo (2003) comentam que dentro do mesmo grupo litológico pode haver diferença na resistência contra este processo (desagregação física ou decomposição química), mas em diferentes locais e situações.

Este desgaste caracteriza-se por fissuras no terreno, materializadas na forma de erosão; embora nos cursos d'água, este problema geotécnico ocorra tanto no interior da drenagem quanto em sua área de influência, normalmente correspondendo à planície fluvial.

Zancopé (2004) cita a distribuição dos afloramentos rochosos das estruturas geológicas que influenciam na distribuição granulométrica dos materiais transportados pelo rio, incluindo ainda a mineralogia da carga detrítica e sua distribuição no perfil longitudinal; alinhamento da direção preferencial do curso d'água; erosão diferencial do fundo do leito e consequente efeito sobre o entalhamento do vale; e gradiente do curso d'água; entre outros.

Sob o ponto de vista da geomecânica, a variação da resistência das rochas depende dos seguintes fatores: tempo necessário para criá-las, conteúdo

mineralógico, tempo de exposição aos agentes climáticos, tipo de clima, tensões exercidas sobre elas, etc.

Quando a modificação de um determinado seguimento de um rio, sobre rochas, o nível de degradação é bem diferenciado, quanto aos processos que ocorrem nos solos (residual ou transportado).

Rochas de mesmo conteúdo mineralógico podem apresentar textura e tamanho dos grãos diferentes, como no caso das rochas graníticas estudadas por Sousa (2004).

Por conta da variação dos tipos de rochas dentro do mesmo grupo litológico, optou-se em pontuá-los por grupo litológico que se encontram, como pode ser observado na tabela 8.

O processo de desprendimento e arraste acelerado das partículas do solo pode ser feito pela água e pelo vento. O mecanismo que gera este problema começa quando as gotas da chuva embatem a superfície do solo e destroem os agregados, culminando em: (a) desprendimento das partículas de solo; transporte do material desprendido, e em seguida, depósito em outros lugares (BERTONI & LOMBARDE NETO, 1999).

Esta palavra, cuja origem é latina (BASTOS; MILITITSKY; & GEHLING, 2000, erosão derivada do verbo erodere (corroer), podendo ser definida como sendo um conjunto de processos pelos quais os materiais da crosta terrestre são degradados, dissolvidos ou desgastados e transportados de um ponto a outro pelos agentes erosivos, tais como as geleiras, os rios, os mares, o vento ou a chuva (VILAR, 1987; PRANDI & VILAR, 1993), como também, eventos de precipitações pluviométricas torrenciais podem causar danos sócio-econômicos e ambientais (DIODATO, 2005).

Neste caso, a influência das atividades humanas é apresentada no tópico 4.2.6, referente aos diferentes usos e ocupações.

Diferentes tipos de rochas sofrem o ataque dos agentes atmosféricos de formas distintas, embora, em sua grande maioria, seguem padrões distintos, como no caso do comportamento geotécnico do contato entre as rochas do tipo granítico e diabásica das encostas de Florianópolis (SC).

Os solos aluviais são encontrados no interior dos depósitos formados pelo transporte hidrodinâmico dos rios, podendo ser formados por aluviões antigos e

recentes, na forma de faixas estreitas e alongadas com baixas alturas, correspondentes às planícies aluviais e terraços fluviais, encontrados ao longo das calhas dos rios principais (COSTA, 2009). Os mesmos são constituídos de materiais erodidos, retrabalhados e transportados pelos cursos d'água e depositados nos leitos ou margens dos mesmos (MEDRADO, 2009).

Estes solos possuem características físicas e químicas distintas, dependendo da configuração ambiental do lugar onde os mesmos se encontram, podendo ter alto teor de sais, pH ácido, até com granulometria de muito fina a muito grosseira, por vezes conglomeráticas, micáceas, feldspáticas e apresentando traços de minerais pesados (anfíbólios e piroxênios) bem como estratificações plano-paralela e intercruzadas de pequeno a médio porte, de canais fluviais (COSTA; POLIVANOV; ALVES, 2008).

No que diz respeito às rochas e seus solos residuais, o contato entre estes materiais distintos (corpos graníticos e diabásicos), pode torná-los sujeitos aos problemas geotécnicos, como escorregamentos e ruptura de taludes (RAIMUNDO; SANTOS; DIAS, 2002).

De acordo com o IBGE (2007), os solos transportados são formados a partir de depósitos superficiais não consolidados do tipo colúvio, tálus, cones de dejeção, etc.

Os paleossolos podem estar à superfície caso tenham sido expostos pela erosão do manto de sedimentos sobrejacente.

Os vales fluviais variam entre si, que por sua vez, os que se apresentam fechados, com processos erosivos atuantes, podem causar erosão laminar/superficial, movimentação de solos residuais e deposição destes materiais na própria encosta (Lacerda, 2002).

Estes “solos” coluviais, devido à sua natureza porosa, aliada aos macroporos derivados do sistema radicular morto da vegetação em conjunto com a ação de animais, fazem com que estes materiais sejam muito permeáveis (LACERDA, 2002).

De acordo com Lacerda (2002), do ponto de vista geotécnico, os solos residuais são mais resistentes do que os coluviais, no caso de não ocorrer ruptura brusca destes produtos da ação do intemperismo.

No entanto, a denominação destes materiais varia entre as áreas do conhecimento, e por conta disto, optou-se em classificá-los segundo o processo de

formação (classificação geotécnica) e definiram-se tais materiais, como pode ser observado na tabela 4.

Quanto à definição do “score” do sistema de classificação proposto, como pode ser observado na tabela tipos de solos, os solos com maior resistência ao processo erosivo foi o solo residual jovem e o de menor definição foi o coluvial.

Como foi possível observar, o processo erosivo está associado a uma diversidade de fatores e por conta disto, as variáveis adotadas no sistema de avaliação proposto, limitou-se, no caso dos parâmetros geológicos, aos tipos de substratos e definição dos tipos de solos, já que o comportamento varia entre os vários materiais.

Tabela 4 - Definições os diferentes tipos de solos (MACIEL FIHO, 1994; IBGE, 2007).

Tipo de solo	Definição
Aluvião	Formado pela acumulação dos materiais transportados pelo escoamento das águas nos ambientes fluviais, lacustres, deltáicos e marinhos.
Aterro	São depósitos de materiais feitos pelo homem, para fins de engenharia, como no caso de estradas e demais construções.
Colúvio	Depósito de materias sedimentares encontrados nas encostas, por conta do deslocamento causado pelo próprio peso e por ação das águas pluviais.
Orgânico	Formado pelo acúmulo de matéria orgânica, especialmente em áreas florestadas, ou acumulados pela sedimentação de material geológico rico em resíduos vegetais.
Solo residual	Resultante da intemperização da rocha e que se comporta como solo, podendo se compartimentado em Solo residual jovem e maduro.
Eólicos	Formados pelo acúmulo de sedimentos finos transportados pelo vento, comum em áreas costeiras e desérticas, podendo formar feições geomorfológicas do tipo duna.
Paleossolo	Material reliquiar, formado em uma paisagem numa época passada e que foi posteriormente recoberto por sedimentos.

4.2.3 Parâmetros geomorfológicos dos problemas geotécnicos ocorrentes em áreas em erosão

Os rios, enquanto entidades criadas a partir da interação entre o meio externo e interno da terra, são susceptíveis à degradação em decorrência da relação entre o meio biótico e o abiótico, embora o “ser humano” seja o maior predador da natureza, cabe a ele planejar o uso dos recursos naturais sem transformar a Terra em um planeta onde o homem não possa subsistir com boa qualidade de vida (ROSS, 1994).

Neste processo evolutivo das formas de relevo, os rios se transformam de maneiras distintas, em função de várias variáveis, onde a sociedade tem exercido um forte papel na transformação da paisagem, como citado por (1994).

Para Barros; Raposo; Magalhães Júnior (2009) as variáveis que denotam os danos ocorridos nos rios, podem ser notados a partir da modificação da forma do rio, das características das sequências estratigráficas deposicionais, parâmetros físico-químicos das águas e variabilidade das vazões.

Neste contexto, a forma do canal fornece informações importantes, como as citadas por Ahmed & Fawzi (2009), os quais classificam como meandantes (migração gradual do curso do rio e erosão marginal), embora isto ocorra de forma natural e pelas atividades humanas.

Por outro lado, Cunha & Guerra (1996) comentam que “umas das formas que o rio encontra para retornar ao equilíbrio anterior refere-se à intensa erosão das margens, assim como a mudança na topografia do fundo do leito”.

No que se refere ao modelado do canal, o desenvolvimento da forma “long profile” ou vale cruzado, está relacionado aos seguintes fatores: nível de base (ponto mais baixo de qualquer rio); aumento da descarga rio a jusante; diminuição do diâmetro do material carreado; aumento da descarga implica no aumento da área da seção, se mudança na relação canal x seção, tornando-se assim em um aumento eficiente, e; maior profundidade e transporte de materiais mais finos para a porção

mais macia do canal, para que a transformação de energia causada pela turbulência diminua, como se observa na figura 3 (WARN, 2011).

Vale salientar que o termo “long profile” ou vale cruzado, corresponde a uma seção muito elaborada ao longo do gradiente rio, desde a nascente à foz, enquanto um perfil transversal é traçado através do vale do rio em intervalos ao longo de seu curso (WARN, 2011).

Figura 3 - Fatores que enflunciam no vale cruzado (adaptado em WARN, 2011).

Doeglas (1962) comenta que os rios entrelaçados expõem amplas flutuações em suas descargas, onde tais variações ocorrem por conta das condições climáticas (árido e semi-árido, com precipitações pluviométricas de tempestades e longos períodos de estiagem; em locais de climas em condições árticas, com longos períodos de degelo e congelamento rápido); impermeabilização do subsolo na área de captura e ao longo do rio; nenhuma água é perdida pela percolação no solo, porém sem nenhuma fonte de água contínua ocorre; vegetação de pequeno porte causando um escoamento superficial forte e baixa evaporação, e gradiente íngreme.

Quanto aos processos de erosão, transporte e deposição de sedimentos no leito fluvial, Cunha (2001) afirma que os mesmos alternam-se no decorrer do tempo e, que são, espacialmente, definidos pela distribuição da velocidade e da turbulência do fluxo dentro do canal, bem como, são processos interdependentes e que resultam não apenas das mudanças no fluxo, mas também, da carga existente.

A distribuição granulométrica exerce um papel importante da morfologia do rio, para o que Santos, Fernandez e Stevaux (1992) observaram a distribuição granulométrica das barras de canal do Rio Paraná, onde estes autores perceberam as seguintes características:

- Próximo ao canal central – areia média a grossa; presença de estratificação cruzada, acanalada e planar; pouca matéria orgânica, e; forte erosão das margens;
- Próximo às margens – areia fina a muito fina; estratificação cruzada de pequeno porte, marcas de ondas e “flaser”; abundância de matéria orgânica, e; baixa erosão das margens e canais de corte;
- Barra unida às ilhas – areia fina a muito fina; estratificação cruzada de pequeno porte, marcas ondulares e “flaser”; pouco conteúdo de matéria orgânica, e; apresenta baixo nível de erosão.

Um exemplo do uso da geomorfologia na engenharia de rios é o de Gilvear (1999), no qual as características citadas acima podem ser melhor observadas. Quanto à dinâmica das margens, as áreas com bancos estão sujeitas à erosão e os canais mais recentes ficam preenchidos pelo sedimento depositado (SARMA; BORAH; GOSWAMI, 2007).

A velocidade das águas de um rio depende da declividade, volume de água, viscosidade da água, largura, profundidade e forma do canal, bem como, da rugosidade do leito (CHRISTOFOLETTI, 1980).

A declividade influencia no escoamento da água, aumentando a velocidade do fluxo e, conseqüentemente, uma maior ou menor quantidade de solo arrastado (BIELAVSKY, 2002), transportando as partículas dos solos e nutrientes (PINESE JUNIOR; CRUZ & RODRIGUES, 2008) ao longo do terreno, embora possa ser condicionado pelo uso e ocupação e pelas características dos solos (REGO, 1978).

Gilsanz (1996) correlacionou o grau de inclinação das vertentes e os diferentes problemas geotécnicos que podem acontecer, onde a erosão, por exemplo, está relacionada aos ângulos de 2° a 35°, nas morfologias do tipo fundo de vales (levemente inclinados) a escarpas montanhosas estruturadas.

Segundo Ross (1996) a fragilidade potencial do relevo está relacionada à morfologia, morfometria, arranjo morfol-estrutural, tipo de solo, aspecto climático, bem como, a cobertura vegetal.

Tonello et al. (2006) comentam que a declividade média de uma bacia hidrográfica é importante para o planejamento ambiental e dinâmica hídrica; que a ausência de cobertura vegetal, classe de solo e intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, conduzirá à maior velocidade de escoamento, menor quantidade de água armazenada no solo e resultará em enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia à degradação; e que a magnitude dos picos de enchentes ou a menor oportunidade de infiltração e suscetibilidade à erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento superficial, que está fortemente relacionado com o relevo.

Gilsanz (1996) considera vertente retilínea como tendo ângulo limitado entre 3° e 5°; côncava é tida como uma superfície com inclinação constante e crescendo com a altura, ao passo que a convexa decresce com a altura.

A morfologia da encosta é um fator importante e de acordo com Troeh (1965) *apud* Miranda (2005), existem associações entre ela e os diversos tipos de erosão.

A figura 4 apresenta uma compartimentação taxonômica feita por Ross (1992) sobre as diversas formas de relevo que ocorrem no interior das bacias, como também, suas respectivas formas das encostas, embora tenha adotado a grande maioria delas, por conta de suas especificidade .

Figura 4 - As diferentes variações das formas das vertentes (adaptado de TROEH, 1965 apud ARAUJO, 2011).

No caso da área de estudo, o local apresenta variações, como sendo retilínea (desembocadura com o Ribeirão das Cruzes), e nas demais áreas, convexa-côncava e côncava-côncava.

Outra combinação sobre o relevo, foi feita de forma mais detalhada por Ross (1992), através de uma perspectiva taxonômica geossistêmica, onde a figura 6, representa os arranjos composicionais, da maior a menos forma de relevo encontrado no interior de uma bacia sedimentar (a área de estudo faz parte de uma bacia sedimentar metamorfisada).

Ross (1992) apresenta uma classificação taxonômica das formas de relevos que podem ser encontradas na natureza, que de acordo com sua posição no interior de uma bacia sedimentar (ver exemplo 6) é segmentada em 4 taxos distintos (Unidade Morfoescultural, Tipos de formas de relevo, Tipos de vertentes e formas de processos atuais).

Figura 5 - Classificação taxonômica das diversas formas de relevo (ROSS, 1992).

4.2.4 Parâmetros hidráulicos

A caracterização da atividade hídrica de um determinado rio fornece informações valiosas sobre sua dinâmica, posto que retrate a movimentação de água e de sedimentos em seu interior.

O volume de água que passa entre dois pontos distintos define a vazão de um determinado rio, cuja informação é influenciada pelas condições atmosféricas (aumenta durante os períodos chuvosos e diminui durante os períodos secos) e pelas estações do ano (PALHARES et al., 2007).

Neste sentido, o regime do rio está associado ao clima de uma determinada região, onde a distribuição das chuvas dentro de uma mesma região fornece um caráter perene ao rio, fazendo com que o fluxo hídrico ocorra durante todo ano, ao passo que os rios intermitentes sofrem interrupção das chuvas, de forma proeminente, ao ponto de expor o substrato geológico da drenagem no período de seca (ocorre com certa frequência na região nordeste do Brasil).

Na comparação entre drenagens, a vazão e o aporte de sedimentos são uma das variáveis mais complexas de se trabalhar posto que os corpos fluviais variam drasticamente uns com os outros, tomando como exemplo o Rio Madeira, cuja área da bacia é de $1,42 \times 10^6 \text{ km}^2$ e uma vazão média anual na foz de $31.200 \text{ m}^3/\text{s}$ (ANA, 2004 *apud* CARVALHO et al., 2010), ao passo que a área de estudo apresenta sua área de $7,81 \text{ km}^2$ e uma vazão média de $0,011 \text{ m}^3$ (ver tabela 5). Por conta disto, o presente sistema de avaliação teve uma perspectiva mais qualitativa, apesar de se considerar algumas variáveis estatísticas na comparação dos dados entre os diferentes pontos de aplicação do sistema de avaliação em questão (ver tabela 42).

A obtenção dos dados de vazão podem ser realizadas de forma direta ou indireta, como no caso do estudo feito por (MARTINEZ et al., 2007) para avaliação qualitativa do Rio Amazonas, em conjunto com um Espectroradiômetro de Resolução da imagem moderada (MODIS) e técnica computacional (elaboração de um algoritmo de recuperação automática da qualidade da água aplicações de monitoramento, enfocado na carga de sedimentos em suspensão).

Tabela 5 – Comparação entre áreas de bacias hidrográficas distintas e seus respectivos comprimentos (adaptado de MEADE et al. 1979; CHRISTOFOLETTI, 1983; MANABE & VESEROLD, 2003; SHIKLOMANOV, 2003; GOULDING; BARTHEM; FERREIRA et al., 2003 *apud* MARTINEZ et al., 2009; MIKHAILOV, 2010; CARVALHO et al.; 2010).

Rio	Area da bacia (km ²)	Comprimento (km)
Nilo	2870000	6670
Mississipi	3300000	6260
Amazonas	6410000	7000
Rio Madeira (Porto Velho)	988.997	Sd
Córrego das Cruzes	7,81	+3,3

Legenda: * = valor média da área da bacia; +- = aproximadamente; sd = sem dados

A presença de nascentes é de extrema importância na manutenção da água em escoamento no rio; o que sob determinadas situações, em que ocorre um intenso pisoteamento destes locais, a ausência de proteção física, como por exemplo, de proteção da faixa marginal destes locais, pode induzir à erosão do solo, na forma de voçorocamento destes locais, como se observa na figura 7 (a).

Figura 6 - Presença de nascente influenciando na degradação do solo (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

O afloramento do lençol freático em uma encosta com forte inclinação, cuja área é utilizada como ponto de acesso do gado à água, gerou a degradação do solo desta margem e acumulação de sedimentos na depressão do terreno, como se observa na figura 7 (b).

Um importante indicador da dinâmica da disponibilidade dos materiais geológicos transportados pela água, pode ser adotado pelo uso do percentual de sedimentos em suspensão, embora parte do material transportado (os de fração mais grosseira) pode ser executado por tração e saltação, ao passo que os de fração mais fina encontra-se em suspensão.

Quanto maior e mais arredondado forem os agregados transportados pela água, maior é a competência do rio em retrabalhar estes sedimentos disponíveis e por conta disto, definiu-se, arbitrariamente, o percentual de material em suspensão, baseado no material retido no interior de garrafas plásticas de polipropileno de 500 ml, na profundidade média da coluna d'água.

Pião (1995) comenta que: “As medidas de transporte de sedimentos tem sido usado não somente para documentar o transporte de sedimento por si só, mas também, o trabalho da erosão e deposição comparativos em duas ou mais estações”.

4.2.5 Parâmetros pedológicos e geotécnicos

O processo evolutivo dos rios faz com que estes corpos aquosos evoluam de formas distintas ao longo do tempo e do espaço, cuja interação pode levá-los ao equilíbrio, erosão e/ou assoreamento.

O nível de degradação está relacionado com a forma e a velocidade diferenciada, segundo o material geológico, em decorrência do potencial que os mesmos (solos e rochas) podem ser disponibilizados e transportados ao longo da drenagem.

Neste processo, os agentes climáticos e hidráulicos exercem um papel importante, embora neste tópico fossem destacadas as principais propriedades geotécnicas de solos e rochas que influenciam na análise erosiva destes materiais geológicos tão distintos.

PEJON & SILVEIRA (2007) defendem que a erosão do solo, incluindo a resultante da atividade antropogênica, representa uma série de problemas ambientais, cujo fator principal influencia na erosão do solo são: origem e tipo do

solo, talude, nível de água subterrânea, como também, a gestão ambiental. Entretanto as variáveis, conforme avaliadas por PEJON & SILVEIRA (2007), exercem um papel importantíssimo, o sistema de avaliação proposto por esta tese não pode incluir, de forma direta, a variável *nível de água subterrânea* por requerer a presença de indicadores de nível de água, tornando cara a aplicação do sistema proposto, embora se leve em consideração a presença de fontes de água no interior ou proximidade da drenagem.

Já para Silva & Guerra (2001) e FERNANDES (2003), as propriedades do solo que afetam a erosão são: textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, teor e estabilidade dos agregados, pH, mineralogia, presença de agregados, resistência ao cisalhamento, condutividade elétrica e cátions trocáveis permeabilidade e densidade, e às suas propriedades química, biológicas e mineralógicas (MARQUES et al., 1997; BOTSCHEK et al., 2002; MIRANDA, 2005), conta-se ainda com a estabilidade dos agregados em água e sua resistência ao impacto da gota da chuva (ÂNGELO et al., 1984 *apud* FERNANDES, 2003).

Por conta da grande quantidade de variáveis que influenciam no processo de erosão dos solos, no caso, dos que se encontram nas margens do rio, optou-se em adotar os seguintes parâmetros: textura dos solos; umidade natural; porosidade; pH dos sedimentos; teor de matéria orgânica; problemas geotécnicos e grau de alteração das rochas por serem variáveis mais fáceis e viáveis de se levantarem, em função dos equipamentos disponíveis nos laboratórios utilizados e da operabilidade dos mesmo.

Vale lembrar que a rocha, ao ser atacada pelos agentes climáticos, modifica-se de rocha para solo, onde quanto mais alterada, maior a capacidade de ser degradada.

A textura está relacionada à distribuição de diferentes frações granulométricas no solo (areia, silte e argila), sendo subdivididos em subclasses. “Aparecem as texturas areia, areia franca, franca arenosa, franca, franca siltosa, silte, franco argilo arenosa, franco argilosa, franco argilo siltosa, argilo arenosa, argilo siltosa e argila, que exprimem, de acordo com seus respectivos diâmetros a distribuição relativa das partículas do solo” (VIEIRA, 1988).

Sua caracterização baseia-se na sensação tátil-visual que os sedimentos exercem quando em atrito com a mão.

No entanto, é aconselhável realizar esta investigação textural, a partir do ensaio de granulometria (NBR 6502, 1995; NBR 7181, 1984 e NBR 5734, 1989).

Neste sentido, os horizontes dos solos próximos à superficiais apresentam, normalmente, textura argilosa e são quase sempre muito pouco erodíveis, ao passo que os de textura silto-arenosa ou areno-siltosa são extremamente erodíveis (LORANDI et al. 2001; PARZANESE, 1991; NOGAMI & VILLIBOR, 1995; SOBREIRA, 2000; BACELLAR, 2000; MORAIS, 2003 *apud* de Paulo; Bacellar; Danderfer Filho, 2005).

A textura do solo implica na capacidade de captação de água pelo solo retido, em um solo previamente saturado, após sua drenagem natural por gravidade, para os quais Sousa Pinto (1976) relacionou diferentes texturas do solo, com sua respectiva capacidade de campo para este fim, como observado na tabela 6.

Por outro lado, nos tratamentos do solo por meio de colheita mecanizada propiciou na redução da taxa de infiltração final em relação à área sob colheita manual de cana queimada, no caso das técnicas de colheita da cultura de cana (TOMASINI et al., 2010).

Tabela 6 - Capacidade de campo para diferentes texturas do solo (adaptado de SOUSA PINTO, 1976).

Textura do solo	Capacidade de campo (mm/m)	PMP (mm/m)
Areia	100	25
Areia fina	115	30
Argilo-arenoso	160	50
Argilo-siltoso	280	115
Argila	325	210

Legenda: PMP = Ponto de Murchamento Permanente.

A partir da distribuição e pesagem dos materiais geológicos retidos nas diferentes peneiras, faz-se a classificação destes materiais através do percentual entre o volume total da amostra pela participação das demais peneiras, onde

prevalece o de maior participação textural embora possa ocorrer a predominância de mais de uma fração, como no caso, franco argilo-siltosos. A classificação destes materiais é feita com o auxílio do gráfico textural (ver figura 7).

Figura 7 - Gráfico textural do solo (VIEIRA, 1988).

As diferentes frações que compõem os materiais particulados dos solos apresentam propriedades distintas, de acordo com suas respectivas texturas, como se observa na tabela 7.

O teor de matéria orgânica dos solos é de extrema importância, já que melhora as condições físicas e químicas, representadas pela formação de estrutura granular, redução da plasticidade, elevação da capacidade de troca catiônica, entre outras (VIEIRA et al., 1996) e por conta disso, adotou-se as seguintes faixas de conteúdo de matéria orgânica.

Os solos podem apresentar elevada presença de matéria orgânica, mas a quantidade deste material está associada à combinação de múltiplos fatores e pela intensidade, qualidade e tempo de sua composição (matéria orgânica), o que irá

proporcionar certo nível de equilíbrio, que por sua vez, é regulado por variáveis, do tipo: drenagem, capacidade de retenção de água e tipo de vegetação (VIEIRA, 1988).

Como a umidade do solo e o grau de saturação é proporcional à umidade natural do solo em um determinado instante, e esta variável influencia no processo de degradação dos solos, utilizou-se a classificação proposta pela IAE (1979) *apud* Maciel Filho (1994).

Vale salientar que diversos problemas de natureza geológico-geotécnicos, podem ocorrer sob certas condições, embora a grande maioria deles, vem sendo criado ou mesmo ampliados por conta das atividades sócio-econômicas.

Tabela 7 - Características das texturas dos materiais geológicos sob diferentes parâmetros geotécnicos (adaptados de YOSHIKANE, 2005).

PROPRIEDADES	TIPOS DE SOLOS			
	ARENOSOS	SILTOSOS	ARGILOSOS	TURFOSOS
Granulação	Grossa (olho nu)	Fina (tato)	Muito Fina	Fibrosa
Plasticidade	Nenhuma	Pouca	Grande	Média a Pouca
Compressibilidade (carga estática)	Pouca	Média	Grande	Muito Grande
Compressibilidade (carga vibrada)	Pouca	Média	Grande	Muito Grande
Coesão	Nenhuma	Média	Grande	Pouca
Resistência ao Solo Seco	Nenhuma	Média	Grande	Média a Pouca
Observou-se	Tato Visual	Tato Quando seco, se esfarela Se imergir uma porção, seca na água desagrega	Tato Se molhar, torna-se bem plástico Se imergir na água, mesmo depois de seca, não desagrega.	Pela cor escura (preta) Quando molhado, é bem plástico. Nota-se ser um material fibroso cheio

4.2.5.1 Problemas geotécnicos ocorrentes em rios e em suas margens

Os problemas comumente observados no interior dos rios e no interior das bacias hidrográficas estão associados às condições naturais do local quanto ao uso e ocupação do entorno. No entanto, do ponto de vista geotécnico, pode-se citar as seguintes questões (SOUZA PINTO & HOLTZ, 1976; ZUQUETTE, 1993; MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007; CORREA & SOUZA FILHO, 2009; COSTA et al., 2009; LÉVY et al., 2011):

- Alteração física do canal;
- Assoreamento do canal devido à entrada de materiais particulados do entorno e/ou acumulados durante a redução do nível de água do canal;
- Erosão de suas margens pela ação do fluxo em escoamento;
- Inundações no leito maior e excepcional, que dependendo do tipo de ambiente, pode causar danos sócio-econômicos e ambientais;
- Movimentação de massa;
- Problema de erosão do leito, quando presença de pilares intermediários de pontes e;
- Recalques provenientes da dissolução de rochas calcárias pela água subterrânea;
- Remobilização dos sedimentos do canal causada pela circulação de embarcações nos canais fluviais devido à ondulação das águas causada pela movimentação de embarcações, dependendo da largura e profundidade do canal, como também pelo porte da embarcação.
- Solapamento basal devido ao escoamento da água nas proximidades das margens de elevada inclinação, que por sua vez, escava o contato rio/margem ao ponto de promover discontinuidade do maciço (rochoso/terroso) e com seu próprio peso, cai sob efeito gravitacional ou mesmo potencializado pela circulação sobre este local, no caso da área de estudo, foi potencialização pela circulação do gado de um ponto a outro.

O tipo de solo exerce um papel importante no processo erosivo, mas empregar a classificação pedológica destes materiais é um tanto prejudicial para os locais

constituídos por solos e materiais transportados, por isso, optou-se pela classificação com base no processo de formação, sob o ponto de vista geotécnico.

Os solos coluviais são formados pelo acúmulo de materiais geológicos anisotrópicos de frações diferentes e podem ocorrer no sopé das encostas e segundo Lacerda (2002), tais depósitos de colúvios podem apresentar uma grande variedade de tipos de solos, frações variadas dos materiais geológicos, podendo atingir espessuras de aproximadamente 30 m.

Os depósitos formados por aterro em área de aterro rodoviário, de acordo com Maccarini (2002), apresentam descontinuidades dos mesmos, gerando trincas; se houver implantação de obras rodoviárias sobre aterro antigo apresentará incompatibilidade das deformações verticais, onde as tais trincas apresentam-se paralelamente ao eixo da rodovia; não apresenta ligação na direção diagonal ao eixo, com os bordos da mesma, como também, não apresentam desnível ou degrau entre as margens opostas das mesmas.

Quando aos aterros provenientes de mineração, os mesmos podem promover impactos distintos ao meio, segundo as condições geológicas do minério explorado e a forma que foram dispostos seus bota-foras na natureza. Como no caso da atividade de mineração de carvão a céu aberto, no município de Lauro Muller, Santa Catarina, onde podem ocorrer deficiências no processo de construção (disposição inadequada dos materiais e resíduos da mineração utilizados e nas áreas adjacentes ao empreendimento, como também, o modo de construção do solo influencia na qualidade ambiental do solo construído (CAMPOS; ALMEIDA; SOUZA, 2003).

Miguel, Vieira e Grego (2009), ao estudarem os efeitos da intensificação do pisoteio do gado sobre as propriedades físicas do solo, comentam que a taxa de infiltração de água no solo apresenta estrutura de dependência espacial, que aumenta em função da intensidade de pisoteio.

A erosão superficial constitui como o primeiro estágio do processo erosivo, evoluindo conforme as ravinas são formadas, podendo culminar na formação de voçorocas, compreendendo o estágio terminal do processo. Ela é responsável pela remoção das partículas coloidais e dos íons em solução, reduzindo seu potencial produtivo de biomassa, pela baixa fertilidade (MENDES, 2006).

Diferentes problemas geotécnicos podem ocorrer sob diferentes tipos de uso e ocupação. Nas áreas urbanizadas, em especial, nas localizadas em regiões de topografia com declives acentuados e em conjunto com constituição geotécnica de solos e rochas desfavoráveis, podem ocorrer, por exemplo, problemas de deslizamentos de terra, ruptura de encostas, queda de blocos, Solifluxão, etc. Como já ocorridos nas porções montanhosas da Pasigh/ Índia (PRAKASH, 2002) e na região Serrana do Estado do Rio de Janeiro/Brasil (SILVA; LOUREIRO; SILVEIRA, 2010).

Vale salientar que, em decorrência da densidade populacional, os impactos sócio-ambientais são potencializados, gerando danos ambientais e sociais.

No caso de recalques (deformações do maciço com movimentação descendente), podem ocorrer por variação do lençol freático sobre diversas obras de engenharias, como por exemplo, edifícios implantados em rochas cársticas sob processo de dissolução hidrogeoquímica destas rochas. Embora Albuquerque Sobrinho (2006) tenha observado tais fenômenos induzidos pela injeção de calda de cimento no solo ("jet grouting" e CCPh).

Com relação à degradação ambiental dos solos, a vegetação atua minimizando os problemas geotécnicos, embora o processo de reestruturação da vegetação florestal no controle dos processos hidrológicos superficiais darem-se de forma lenta, que de acordo com Negreiros & Coelho Netto (2009). Estes pesquisadores indicaram que o intervalo de tempo entre a degradação ambiental causada por um deslizamento ocorrido há mais de 18 anos, em uma área florestal secundária, sob condição de terreno íngreme, ocorreu de forma lenta, possivelmente por causa da intensa lavagem superficial no interior da clareira através do fluxo adicional provido pela estrada, propiciando maior ação de ventos intensos sobre a floresta adjacente, alimentando a degradação do entorno imediato como um possível efeito de borda, atrasado em relação ao processo de revegetação nas bordas.

Menescal, Figueiredo e Franco (2005) comentam que as chuvas em áreas urbanizadas precipitam-se sobre superfícies impermeabilizadas, que escoam para os bueiros e atingem os cursos fluviais. Neste sistema, a infiltração é praticamente nula e uma das consequências disso é a alta frequência de inundações após os temporais. No entanto, estes autores ainda afirmam que a intensidade e duração das

precipitações pluviométricas que ocorrem no interior das bacias, bem como, fatores fisiográficos do tipo área da bacia, seu formato, declividade, tipo de solo, cobertura vegetal, dentre outros, são os fatores principais causadores destas enchentes.

“Piping” é um dos tipos de erosão que ocorre no interior do maciço terroso, quando a água de infiltração escava o solo em horizontes inferiores, formando túneis internos de diâmetros variáveis e formação de voçoroca (NASCIMENTO & GARCIA, 2005).

Esta erosão interna geralmente promove o abatimento dos materiais arenosos, concentrando as águas das chuvas, que podem evoluir para feições erosivas desde sulcos à voçorocas, com extensão de até 150 m, no caso da Bacia do Córrego Tenente, Mariluz – PR (SOUZA; GASPARETTO; NAKASHIMA, 2008).

O estudo feito por NASCIMENTO & GARCIA (2005) indicou que o controle estrutural no terreno pode influenciar na dinâmica das águas subterrâneas, facilitando o desenvolvimento de “pipping”.

4.2.6 Parâmetros Ecológicos Relacionados aos Processos de Erosão

A vegetação exerce um importante papel na preservação da dinâmica ambiental, já que a mesma vem sendo usada para reduzir a erosão do solo, estabilização da margem e leito de rio ou para proteger muros de arrimo, bem como, proteger bancos de areia das forças da água (GRABECHT, 1981 *apud* SCHLUTER 1984 EVETTE et al., 2009).

Embora a presença de vegetação tenha um papel importante na diminuição do escoamento superficial, a retirada da vegetação ribeirinha pelas atividades sociais feitas pelo setor “produtivo” é responsável pela degradação das matas ciliares, como citadas por Rodrigues & Gandolfi (2001), expõem os materiais geológicos que compõem os solos causando a erosão das margens dos rios como também modificação do canal.

Segundo Bertoni & Lombardi Neto (1999), a cobertura vegetal atua na proteção direta contra o impacto das gotas de chuva, dispersando a água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; na decomposição das raízes das plantas que,

formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando assim sua capacidade de retenção de água; diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito na superfície.

Segundo Rodrigues (1982), *apud* Miranda (2005), a ausência vegetal ribeirinha causa interrupção brusca do efeito estabilizador da floresta, expondo o terreno a novas condições; alteração das funções exercidas pela vegetação, como interceptação, retenção, evapotranspiração, etc.; desaparecimento do horizonte húmico, aumentando assim a infiltração; e diminuição da resistência mecânica do solo pelo enfraquecimento do sistema radicular.

Desta forma, os diferentes tipos de vegetação, localizadas na faixa marginal, constituem corredores ecológicos e possibilitam a preservação da biodiversidade e dos recursos hídricos (AVILA et al., 2011) evitam o surgimento de feições erosivas (SOUZA; GASPARETTO; NAKASHIMA, 2008).

Como a capacidade do solo está associada a sua capacidade de infiltração, a cobertura vegetal exerce um papel importante neste processo, já que, quando sua densidade arbórea é dita como densa, favorece a infiltração, pois dificulta o escoamento superficial da água. Ao final das precipitações pluviométricas, suas raízes retiram a umidade do solo, possibilitando maiores valores da capacidade de infiltração no início das precipitações (MARTINS, 1977b).

As áreas em que estes corpos vegetais estão localizados e a ocorrência ou não de espaçamento entre elas, podendo facilitar ou não, o escoamento gerado pelas precipitações pluviais em terreno acidentados (BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999), onde isto pode ocorrer fortemente em cultivos em faixas em terrenos inclinados, em encosta abaixo.

No caso da vegetação que compõem as matas ciliares, Ab'Saber (2001) exemplificou que a retirada de vegetação no Vale do Jequitinhonha (Estado de Minas Gerais), devido ao "remeximento das áreas aluviais contidas nos diques marginais para fins de garimpagem de diamantes e ouro, perturbou numerosos setores das planícies de modo irreversível, ocasionando aceleração dos processos de assoreamento, provocando o escoamento mais rápido nas épocas chuvosas, em paralelo com fortes oscilações sazonárias no rio abaixo".

Por outro lado, a respeito da ocorrência de vegetação ao longo da drenagem em áreas urbanizadas, Wolman (1967) afirma que se a vegetação se estabiliza nas barras do canal, estes, sendo de constrição, ou os bancos podem localmente erodir, acompanhado de um aumento no número de inundações nas constrições do canal. Após a conclusão das ruas e de sistemas de esgotos derivados do decréscimo de sedimentos enquanto o escoamento superficial aumenta rapidamente. Após a conclusão das ruas e dos sedimentos provenientes de sistemas de esgotos, enquanto diminui a rapidez de escoamento da bacia e aumenta o escoamento rapidamente. As barras de canal e a vegetação podem ser removidos pelos fluxos de água límpida. Ao mesmo tempo, a ausência de um suprimento novo de sedimentos pode resultar na erosão progressiva do canal sem deposição concomitante.

Quanto ao papel da vegetação no fluxo de canais, o estudo experimental realizado por Afzalimehr; Sui; Moghbel (2010) indicou que a redução do fluxo hídrico na seção do canal promove a diminuição da vegetação nas paredes do canal causando um aumento no coeficiente de rugosidade, como também, a presença de cobertura vegetal nas paredes do canal causa o desvio da distribuição de tensão linear de Reynolds de condição de fluxo uniforme.

A vegetação ribeirinha tem a função de proporcionar a preservação dos mananciais hídricos fluviais, os quais desempenham importante função social e ecológica por meio do abastecimento público, irrigação, uso industrial, preservação da biodiversidade e manutenção do equilíbrio ecológico (AVILA et al., 2011).

A vegetação localizada nas margens dos rios e em suas zonas baixas inundáveis exerce uma amortização da capacidade de escoamento (SOUZA PINTO & HOLTZ, 1976), causando uma diminuição da capacidade de transportar os materiais geológicos rio abaixo, oferecendo assim, a proteção e minimização dos processos de assoreamento que pudessem ocorrer em função de processos erosivos e de transporte de materiais, induzidos ou desencadeados durante a implantação do empreendimento, se houver alteração de usos (MOROZ; GOUVEIA; ROSS, 2007).

De acordo com Fernandes (2000), a vegetação que compõe o canal fluvial é compartimentada conforme o ajustamento da mesma ao meio hídrico, como segue:

- 1) Livres/ natantes (limnóticos) – são vegetações que se encontram totalmente livre (não fixadas ao leito), podendo estar flutuantes na superfície da água, podendo ser transportadas pela ação dos ventos por conta da movimentação das camadas exteriores do líquido que as suportam ou mesmo imerso em meio a água, recebendo menor influência dos diferentes fatores externos; e
- 2) Fixos/ radicantes (pedônicos) – Desenvolvem um sistema radicial regular, ajustado à condição hídrica, embora mantido no interior do substrato lamoso, hídricamente saturado, e podem ser ainda submersos (permanecem inteiramente no meio líquido); oscilantes (possuem folhas distendidas na superfície da água, com pecíolos longos e limbos amplos, de forma orbicular ou equivalente, que se agitam ondeamente ao movimento das camadas superiores da água) e ainda; emergentes (encontrados, normalmente em águas rasas, com sistema subterrâneo bem desenvolvido, que se eleva no ar parte de seu sistema vegetativo, ultrapassando o nível superficial da água em pequena proporção).

Embora exista uma certa variação de espécie entre as vegetações localizadas no interior do canal, no sistema de avaliação aqui proposto não chegou ao nível de distinção entre elas, ao ponto de se considerar, apenas, a posição delas no canal, indiferente do tipo de espécie que ocorra, visando facilitar a aplicação do sistema aqui em proposição, posto que requer um conhecimento específico quanto ao tema.

Paradoxalmente, as matas ciliares podem funcionar, também, como uma zona tampão, posto que a vegetação, diminui ou impede o aporte de sedimentos e solutos para os corpos d'água, podendo atuar como reservatórios de poluentes, disponibilizando grande carga aos mananciais quando saturados (NEVES, 2005).

A serrapilheira apresenta uma importante participação na diminuição do processo erosivo, no caso, das matas ciliares e das encostas.

Abreu (2006) comenta que o tapete de serrapilheira é o resultado da interação constante entre a deposição de serrapilheira e sua decomposição ao longo do tempo e que influencia na capacidade de retenção das águas provenientes das chuvas. Melos; Sato & Coelho Netto (2010) compararam esta capacidade entre serrapilheira de florestas distintas (eucalipto e florestas ombrófilas), em que daquelas oriundas de reflorestamento por eucalipto e serem mais homogêneas que a segunda, decresceu quando ocorreu um maior aporte de serrapilheira.

No caso da área de estudo, a mata ciliar, simplesmente não existe, embora inexpressivos fragmentos arbóreos sejam encontrados, com apenas 20 indivíduos segmentados em pequenos trechos vegetacionais, ao longo de toda faixa (marginal).

4.2.7 Uso e ocupação do solo

O desenvolvimento do uso da terra e dos recursos naturais, como também a constituição natural da hidrologia de um rio da bacia, dependendo da inter-relação entre estes fatores, pode resultar em diversos problemas ambientais (RICKERT & HINES, 1978).

O fator social tem contribuído muito no processo de degradação ambiental, incluindo os processos erosivos, devido ao, entre outras coisas, uso e ocupação desordenado dos diferentes espaços natural e artificial (ALBUQUERQUE SOBRINHO, 2001; ALBUQUERQUE SOBRINHO & ANDRADE MEIRELES, 2004; ALBUQUERQUE SOBRINHO et. al., 2010; MORELLI et al., 2012). Não obstante, os impactos reflitam os diferentes tipos de uso e ocupação.

Enquanto produtos da modificação da economia, as cidades aglomeram em espaços e em ambientes diferentes, um número relativamente grande, como das cidades de médio e grande porte, cuja dinâmica social inclui além da moradia, a circulação de bem e serviços, requerendo intervenções do solo para que as atividades sociais se materializem, na forma de bem e serviços.

Isto se deve ao fato de que as atividades humanas, quando feitas sem os devidos cuidados, seguido de ausência de práticas conservacionistas e mitigadoras, exercem um papel importante na aceleração da degradação ambiental, que sob determinadas situações, acelera o processo natural de erosão dos solos e demais morfologias do relevo, que inclui os rios.

Por outro lado, o setor industrial requer um alto grau de planejamento na instalação de fábricas, já que necessitam, de energia elétrica, vias para circulação de insumos e de seus produtos manufaturados, transporte público, entre outras infra-estruturas.. Estas podem induzir ou mesmo acelerar o processo de modificação do meio físico.

Vale salientar que, o destino final destes materiais desprendidos e carreados pelos agentes atmosféricos são os corpos d'água, os quais têm a sua característica hidráulica alterada pela deposição de materiais no leito, reduzindo assim a capacidade de transporte de água (COSTA, 2009).

As diferentes formas de uso e ocupação ao longo das bacias hidrográficas e demais drenagens podem induzir ou mesmo acelerar o processo de erosão, tanto no próprio canal (leito menor) quanto no solo localizado em seus leitos (maior e excepcional), como em uma expressiva área de uma bacia hidrográfica.

Zancopé (2004) comenta que os efeitos da prática antrópica na bacia hidrográfica, em diversas escalas, podem causar transformações fluvio-ambientais nos processos de transporte e sedimentação dos rios, comprometendo a disponibilidade dos recursos hídricos existentes.

Estas atividades são realizadas para fins diversos, como nas áreas urbanizadas, rurais, industriais, mistas. No entanto, definiu-se com mais fatores impactantes as áreas mistas, por terem atividades diferentes no mesmo espaço, e um fluxo de pessoas maior, especialmente quando mista em uso rural (população permanente) e rural (embora menor densidade populacional, as atividades econômicas no campo têm um forte impacto no ambiente, especialmente quando sofrem por problemas de desmatamento, uso de maquinário pesado, dentre outros. No entanto, quando feito com planejamento e gestão ambiental, os danos são minimizados.

Também as infra-estruturas enterradas, como tubulações, sob certas condições de chuva e de relevo podem ser indutoras de processos erosivos, como observados por Ferreira & Pejon (2004), em uma tubulação de águas pluviais.

Os túneis, enquanto obras construídas no interior dos maciços (rochoso e terroso), são excelentes infra-estruturas no que diz respeito aos impactos criados ao meio ambiente, embora sujeitos aos recalques diferenciais em edificações e construções localizadas nas proximidades da obra, durante sua execução, como observado por Albuquerque Sobrinho & Polivanov (2005) e Albuquerque Sobrinho (2006); podendo ocorrer, ainda, problemas relacionados à disposição de bota-fora, que normalmente é feito em aterros ou reaproveito do mesmo como material de construção.

No caso dos rios, os impactos criados ao ultrapassar estes ambientes, são praticamente nulos ou de curta duração, dependendo da técnica construtiva adotada.

A figura 8 mostra uma das formas de reforço de construções, visando minimizar os danos que podem ser gerados pelo escoamento pluvial (parte superior da via), onde suas margens, no caso, a porção direita, é formada por cortina atirantada e gramíneas, para diminuir a capacidade do talude ser eroso.

Figura 8 - Exemplo de intervenção geotécnica para estabilização e reforço de maciço com via (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

O uso sustentável do solo é vital para que os impactos no meio sejam minimizados e em áreas urbanizadas, o uso de infra-estrutura voltada às águas residuárias são indicativos de tais práticas, embora a impermeabilização seja o oposto, embora planejamento e práticas que causam a impermeabilização ocorram em paralelo.

Nascimento (2011) comenta que podem ocorrer impactos ambientais diretos e indiretos nos exutórios das bacias hidrográficas, dependendo do uso e ocupação do solo. O referido autor cita como impactos diretos: a retificação, dragagem do rio e

barramentos indevidos, e indiretos, o desmatamento, impermeabilização de superfícies e mudanças no uso da terra; podendo ocorrer modificações nas propriedades físicas e estruturais dos solos, na precipitação e temperatura.

No entanto, o uso desenfreado do solo por atividades agrícolas, de modo geral, causa o empobrecimento do solo, requerendo assim, o manejo e conservação do manto de intemperismo através de práticas mitigadoras, como a calagem e uso de demais insumos agrícolas, como o uso de fertilizantes, defensivos agrícolas e deposição de matéria orgânica.

Estas práticas podem gerar resultados conflitantes, como melhoramento do solo e eutrofização dos corpos hídricos em detrimento do carreamento destes materiais usados no manejo, que podem ser transportados através dos corpos hídricos durante as precipitações pluviométricas, incluindo ainda, os pesticidas e demais produtos.

As atividades relacionadas às práticas agropastoris, do extrativismo vegetal e mineral, por obras de engenharia, as diferentes formas de uso e ocupação dos recursos hídricos e de suas margens, que causam, dentre outros impactos, a aceleração do processo natural de erosão como observada no estudo realizado (2009) para a região de Sohan/Egito.

Nesta região, o uso da terra se dá através de atividades agrícolas, exploração das diferentes atividades econômicas associadas ao turismo da comentada região, incluindo os processos de urbanização e de recreação, onde os autores já citados (AHMED & FAWZI, 2009; ALMEIDA et al., 2010) comentaram que tais práticas, ainda relacionadas às alterações no próprio rio (obras de engenharia), causaram problemas diversos, como erosão marginal, redução das áreas agricultáveis localizadas próximas às suas margens e/ou mesmo o desaparecimento de ilhas fluviais, que repercutiu na produção na agricultura.

Na realidade brasileira, Simon (2007) expôs as alterações causadas pela dinâmica sócio-econômica na bacia do Arroio Santa Bárbara (Pelotas, RS), por um período de 53 anos, onde o citado autor levantou os seguintes problemas: o avanço das áreas agrícolas sobre zonas de pastagens proporcionou, no setor de nascentes desta bacia, causando alterações morfohidrográficas vinculadas, sobretudo ao controle indireto dos elementos do sistema ambiental e alterações na dinâmica

fluvial desencadeada a partir da construção do Reservatório Santa Bárbara, onde impactos podem provocar mudanças nos cursos à jusante.

Quanto ao papel que as vias de circulação (estradas, rodovias e demais vias) exerce na degradação ambiental, em que os impactos causados pela ocupação e degradação do meio físico da região amazônica apontaram que os modelos de regressão para o desmatamento e pastagem feitos por Espindola et. al. (2012) foram determinantes quanto ao papel que a distância das estradas tiveram e foram observadas e mais influentes em 1997 do que em 2007; incluindo ainda a alteração do uso do solo, de floresta para agricultura, embora feita de forma diferenciada entre os Estados inseridos nessa porção espacial do Brasil, onde o processo de mecanização feita pelas práticas agropecuárias aceleraram a degradação ambiental, especialmente no Estado do Mato Grosso.

Assim, as áreas urbanas, sob condições ambientais desfavoráveis, estão sujeitas a diversos problemas sócio-econômico-ambientais.

Diferentes problemas oriundos de condições ambientais desfavoráveis podem ocorrer tanto em áreas ocupadas e habitadas pelo homem quanto sem a sua presença, porém os efeitos, quando o componente humano está inserido são ampliados.

Nos E.U.A, uma das modificações do meio físico ocorre durante o processo de urbanização da região metropolitana de Baltimore , onde Wolman (1967) elaborou um levantamento dos efeitos causados, e comparando com os usos agrários e florestais antes do desenvolvimento urbano, então as mudanças sequenciais que ocorrem enquanto o desenvolvimento urbano que ocorreu na bacia; o que pode ser esperado, segundo o autor, é uma alteração significativa para que o equilíbrio das formas resultem na eventual criação de novas condições de equilíbrio.

Sinteticamente, Tucci (1995) *apud* Tucci (1997) cita os principais impactos causados pelo processo de urbanização, como o aumento do escoamento superficial, redução da evapotranspiração do escoamento subterrâneo e lençol freático aumento da produção de material sólido e da alteração da qualidade das águas superficiais.

Pons & Pejon (2008) comentam os diferentes impactos sócio-ambientais causados pelo processo de urbanização da cidade de São Carlos/SP (Brasil),

associados aos diferentes tipos de uso e ocupação do tecido urbano, com pode ser observado na tabela 8.

Tabela 8 - Impactos ambientais causados pelo uso diferenciado do solo na cidade de São Carlos/SP (PONS & PEJON, 2008).

Diferentes tipos de uso e ocupação		
Urbano	Agrário	Industrial
Desmatamento das áreas de nascente; Erosão, assoreamento e inundações atuantes, onde as porções mais vulneráveis ocorrem nas cabeceiras do Rio Mojolinho e Córrego do Gregório e ocupação urbana, e; Processos erosivos intensos são observados no bairro Cidade Aracy.	Ocupação das cabeceiras do Rio Mojolinho e Córrego do Gregório para fins de atividade agrária.	Áreas com exploração mineração; Locais abandonados são considerados de risco à população e exposição dos materiais geológicos às condições atmosféricas; Cavas profundas abandonadas, e; Atividades de mineração ativas

O estudo feito por Espíndola; Brigante; Eler (2003) citaram os principais impactos associados aos diferentes tipos de atividades econômicas, que ocorrem ao longo dos cursos fluviais, como pode ser observado na tabela 9. Onde é possível observar que os processos erosivos ocorrem, principalmente, nas atividades de mineração (manganês e portos de areia), ao longo do Rio Mogi-Guaçu (Estado de São Paulo); embora na área de estudo, o uso até meados do ano de 2011 tinha utilidades específicas, predominantemente, pastagem, após o comentado período mudaram a atividade econômica e o uso do solo para o plantio de cana-de-açúcar.

A modificação de áreas florestais em campos agricultáveis tem causado perdas irreparáveis dos solos (PIMENTEL et al., 1995), sendo uma das maiores causas pela devastação de floresta, posto que a modificação de áreas florestais em áreas utilizadas para agricultura, ao serem degradadas, são abandonadas, transformando florestas em áreas convertidas para produção agrícola (MYERS, 1989 *apud* PIMENTEL et al., 1995).

A produção em massa de alimentos tem provocado impactos sócio-econômicos e ambientais, válido não só para os industrializados e cultivados quanto os de produção animal, tais como os bovinos e caprinos (Sociedade Vegetariana Brasileira, 2007).

Sobre a produção de alimentos no campo e seus impactos gerados pelo uso agrícola dos solos, isso pode causar, além da erosão do manto de intemperismo, o fluxo lateral de nitrogênio e fósforo, cujo impacto seria similar à aplicação de fertilizantes e remoção de culturas (QUINTON et al., 2010), além de remover o carbono orgânico do solo local de formação e deposição (van OOST et al., 2007).

Contudo, Dillenburg (2007) aborda que o uso de defensivos agrícolas, quando feito de forma excessiva, em conjunto com fortes precipitações pluviométricas, na forma de enxurradas, modificam a paisagem física dos riachos, causando poluição dos mesmos e suas respectivas degradações, através de processos erosivos, como observado no Rio Sanga Mineira (Mercedes/PR).

“Via de regra, as tipologias de uso/ocupação da terra reunidas pelos recursos agrossocio-econômicos, urbano-industrial e usos múltiplos dos recursos hídricos e ambientes hidromórficos, produzem alterações ambientais nas b.h's. Dentre os principais, registramos a expansão urbana desordenada, com concomitante crescimento desordenado dos núcleos populacionais; concentração de renda no campo e na cidade; emprego de técnicas agrossilvopastoris inadequadas; desmatamentos, queimadas, degradação pedológica; mineração clandestina; carcinicultura; ocupação de Áreas de Preservação Permanente; problemas oriundos do turismo e da agropecuária; poluição dos recursos hídricos e mudanças hidrológicas; aumento expropriador dos Complexos Agroindustriais e privatização das águas; problemas originários da industrialização e redução da biodiversidade etc” (NASCIMENTO, 2011).

Tabela 9 - Atividades potencialmente poluidoras do Rio Mogi-Guaçu (MOTA, 1975; BRAILE & CAVALCANTE, 1979; CETESB, 1999 *apud* ESPÍNDOLA; BRIGANTE; ELER, 2003).

Atividade	Potencial Poluidor Sobre A Água
Cultivo de batata, morango, tomate, alho, café e cana-de-açúcar	Pesticidas, corretivos do solo e fertilizantes
Mineração de manganês	Alta turbidez, elevados níveis de manganês e assoreamento
Curtume	Substâncias ricas em sulfato e metais pesados usados no tratamento do couro; elevação do nível de sólidos em suspensão, alteração da salinidade da água; DBO e DQO
Indústria/comércio de produtos químicos	Ácidos; álcalis; sais tóxicos; fenois; nitratos de amônia; etc.
Usina de açúcar e álcool	Vinhaça (altos teores de potássio); cromo; risco de poluição térmica
Fábrica de papel e papelão	Cola; caulim; composto orgânico mercurioso; fibras finas; pigmentos; alta carga de suspensão; etc.
Matadouros	Alta DBO; sólidos em suspensão; graxas, altos teores de nitrogênio; sangue; gordura; microorganismos patogênicos; etc.
Frigoríficos	Alta demanda de DBO; sólidos em suspensão; altos teores de nitrogênio; sangue; gordura; microorganismos patogênicos; etc.
Portos de areia	Turbidez e assoreamento; emissão de material particulado; perda de solos orgânicos; poluição das águas com óleo e graxas
Indústria de papel e celulose	Despejos sulfíticos (alta carga de matéria orgânica); elevado DBO e sólidos em suspensão, caulim, etc.
Indústria de produtos industriais	Polifosfatos; silicatos; carbonato de sódio; tetracloreto de carbono, etc.
Metalúrgica	Despejo ácido contendo cromo ou cobre, zinco, cádmio, níquel; despejos alcalinos; contendo cianetos ou sulforetos, etc.
Esgoto	Elevada DBO; coliformes; eutrofização
Indústria e comércio de aguardentes	Vinhaça (altos teores de potássio); cromo; risco de poluição térmica
Indústria de produtos alimentícios	Fecularia; alta DBO; ácido cianídrico; matéria nitrogenada; extração de óleo vegetal; óleos; corantes; resinas, etc.
Confinamento de gado	Elevada DBO; sólidos em suspensão; eutrofização
Destilarias	Sólidos sedimentáveis; açúcares; dextrina; proteínas; resinas; álcool etílico; ácidos; ésteres; cetona; gorduras e bactérias

Com relação às atividades de turismo e lazer, o Rio Formoso (Bonito/MS) é um importante local para exploração do ecoturismo, onde Medina Júnior (2007) observou os vários impactos causados por esta atividade econômica que, segundo este autor, é uma atividade geradora de elevado impacto ambiental, a movimentação da água causada pelo pisoteio dos visitantes é evidente e os locais com menor rigor ambiental são os que mais sofrem as interferências sociais.

Exemplo de problemas em locais de usos mistos, como na região de Sohan, no Egito, (atividades agrícolas, turístico, urbanização e recreação), o estudo feito por Ahmed & Fawzi (2009) indicou que os impactos vigentes na citada localidade estão relacionados às alterações no próprio rio (obras de engenharia), gerando problemas diversos (erosão marginal, redução das áreas agricultáveis localizadas próximas às suas margens e redução de áreas ou mesmo desaparecimento de ilhas fluviais, influenciando na produção da agricultura).

Vale salientar que a circulação de pessoas causa danos diversos ao meio. A respeito disso, Magro & Talora (2011) citaram a perda da vegetação e consequente erosão do solo, presença do lixo, contaminação da água, incêndios e modificações do comportamento animal, bem como, impermeabilização do solo por conta do fluxo de pessoas e de animais (MARTINS, 1976), observado também no estudo feito por Albuquerque Sobrinho & Meireles (2004) no Parque Ecológico da Lagoa da Maraponga, Fortaleza/CE.

As áreas definidas como naturais são aquelas que se apresentam com melhor condição biótica e abiótica do meio, embora quando se apresenta seccionada, como por exemplo, a construção de vias de circulação, torna-se mais sujeitas à degradação ambiental, dependendo da morfologia do terreno.

Outra atividade prejudicial é a exploração mineral e a implementação de obras civis, pois podem causar danos sócio-econômicos e ambientais.

Assim como a extração de minérios é impactante ao meio, como observado por López (2004), na extração de material particulado, tais como cascalhos e areias, cujo impacto causou o avanço gradual do rio Tuy (Venezuela).

O entorno destas obras, além de ser alterado por essas ações, pode ter a integridade física das mesmas comprometidas, segundo a dinâmica local, como no estudo feito por Ferreira (2011) sobre as interferências ambientais e legais entre as atividades de mineração e construção de gasodutos (tabela 10).

Tabela 10 - Principais impactos ambientais nos diferentes métodos de lavra que geram impactos diretos nos ambientes fluviais (adaptado de FERREIRA, 2011).

Substância mineral	Método de lavras	Impactos ambientais
Argila	Céu aberto, bancadas em flanco	Alteração na topografia do terreno, podendo induzir processos erosivos; exposição do lençol freático; Supressão de vegetação
Argila (várzea de rios)	Céu aberto, em tiras	Formação de cavas irregulares, com exposição do lençol freático; supressão de vegetação
Areia	Céu aberto, dragagem em leito de rio	Erosão nas margens do rio; apronfundamento da calha, com eventual exposição dos tubos e assoreamento à jusante; supressão de vegetação; instabilizando as margens
Seixos / cascalhos	Céu aberto, em tiras em leito de rio	Modificações na geometria do leito do curso d'água; supressão de vegetação
Água mineral	Céu aberto, captação de nascentes	A construção de gasoduto pode impactar a fonte, alterando a sua recarga e modificando a sua recarga e modificando a qualidade da água

De acordo com o levantamento feito pelo PNUMA (2007) sobre os recursos hídricos superficiais do Brasil, os principais problemas que ocorrem nas bacias hidrográficas nacionais e em seus respectivos biomas, podem ser vistos na tabela 11.

O processo de industrialização tem influenciado na degradação ambiental, onde os impactos mais comumente observados, dizem respeito ao lançamento de efluentes industriais nos cursos d'água (FONTES, 2004; MARINS et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2007).

Tabela 11 - Problemas ambientais vigentes nas regiões hidrográficas brasileiras (PNUMA, 2007).

RHBs	Ecossistema / Bioma	Problemas
Amazônica	Amazônico	Problemas de contaminação pontuais (Manaus e Belém), vetores de doenças tropicais, contaminação de igarapés, extração mineral, desmatamentos e erosão dos solos.
Alto do Paraguai e Pantanal	Pantaneiro	Novas fronteiras agrícolas, poluição associada aos centros urbanos, remoção de mata ciliar, pisoteio das margens e modificação na dinâmica qualitativa das águas nos ecossistemas pantaneiros.
Cerrados do Brasil Central	Cerrados	Conflitos de uso da água para abastecimento público, assoreamento e contaminação por produtos químicos, remoção de mata ciliar, poluição de águas, ausência de tratamento de água, intensa modificação do Rio Tocantins por conta dos sucessivos aproveitamentos hidrelétricos.
Semi-árido brasileiro	Caatinga e cerrado	Limitações geoambientais ocasionando problemas sócio-econômicos em escala local e regional (nacional), incluindo a migração da população carente para as metrópoles regionais e nacionais, degradação do bioma caatinga, processo de desertificação, salinização dos solos e recursos hídricos.
Litoral e zona da mata nordestina	Cerrado, Floresta paludosa marítima	Ocupação de áreas de riscos por população carente, processo de favelização, poluição urbana, disposição de resíduos sólidos, descarga industrial não tratada, contaminação de mananciais, impermeabilização dos solos, ausência de infra-estrutura sanitária.
Aglomerados urbanos e regiões metropolitanas	Mata atlântica, Cerrado, Araucária e Floresta paludosa marítima	Enchentes e estiagens, poluição urbana e industrial, favelização, processo de urbanização equivocado, problemas relacionados ao uso e ocupação do solo, degradação ambiental, migração do campo para as cidades, baixos níveis de tratamento dos esgotos domésticos, disposição inadequada de resíduos sólidos, impermeabilização do solo e problemas derivados disto, comprometimento dos mananciais e obstrução da rede de drenagens por lixo.
Zona costeira do sul e sudeste	Mata atlântica, Cerrado, Araucária, vegetação de restinga e Floresta paludosa marítima	Deficiência de infra-estrutura sanitária, danos ao ordenamento urbano, erosão marinha, áreas de várzeas e planícies de inundação sujeitas à erosão marinha, uso inadequada da zona costeira e alteração da dinâmica costeira, inundações urbanas, deficiências no abastecimento de água, coleta e tratamento dos esgotos domésticos.

Legenda: RHBs = Regiões Hidrográficas Brasileiras.

A grande diversidade de empresas existente nos municípios que compõem a Bacia do Rio Pardo, principalmente as que se encontram localizadas no Estado de São Paulo, faz com que ocorra uma grande variabilidade de contaminantes nos corpos de água (FONTES, 2004).

Segundo Marins et al. (2004) existem relatos de contaminação por metais pesados em várias regiões, como resultado das elevadas taxas de emissão por atividades industriais e urbanas concentradas nas bacias de drenagens e na região costeira desde a década de 80.

Estes efluentes, quando alcançam a zona costeira, através do lançamentos diretos nos cursos d'água, contaminam os diferentes ecossistemas aonde estes resíduos se propagam.

Uma das atividades sócio-econômicas realizadas no campo que mais degrada o ambiente, diz respeito às práticas agropecuárias, cujos impactos podem ser observados nas áreas próximas ou nos interiores das drenagens, caso do objeto de estudo desta tese.

A circulação de pessoas e de animais, como bois, cabras, dentre outros, pode provocar a degradação dos solos.

Segundo Talora (2007) os estudos relacionados ao pisoteio na vegetação têm indicado que a composição e frequência de espécies com diferentes formas de vida conferem diferentes graus de resistência e resiliência às comunidades, sendo que as características morfológicas das plantas determinam, na maioria das vezes, se estas plantas conseguem absorver bem o impacto com baixo nível de mudanças ou se as mesmas sofrem mudanças pós-impacto, ou até mesmo se recuperam em pouco tempo.

Já que os bovinos são mamíferos, que se apoiam e se movimentam sobre quatro membros, estando à parte distal dos mesmos revestidos por casco. A parte distal do membro anterior de um bovino é conhecida por mão e os seus dois dígitos são também designados por dedos, o dedo lateral e o dedo medial (didactilia). No membro posterior, a sua parte distal designa-se de pé, tendo estes também dois dedos, sendo lateral de maiores dimensões. Cada membro apresenta, além dos dois dedos principais, dois dedos suplementares ou rudimentares, encontrando-se estes

últimos projectados atrás do boleto e geralmente não estão em contacto com o solo (SILVA, 2009).

É importante ressaltar que não apenas o pisoteio animal, mas também, o humano causa a degradação dos solos, induzindo aos problemas de erosão, em especial em áreas urbanizadas ou com fluxo constante de pessoas (ALBUQUERQUE SOBRINHO, 2001; ALBUQUERQUE SOBRINHO & ANDRADE MEIRELES, 2004).

Embora isso ocorra, os diferentes tipos de animais causem impactos, a ponto de acarretar na erosão dos solos, é necessário definir a relação entre o tamanho da área e o número de indivíduos no seu interior.

Mesmo que em uma determinada área se possua um significativo número de animais, seus impactos podem ser minimizados com o confinamento destes, pois quando livres, a circulação dos mesmos criam trilhas, degradando a cobertura vegetal do solo, que ao ficar exposto às intempéries, tornam-se susceptíveis à erosão, criando feições erosivas do tipo lineares, podendo evoluir até voçoroca e gerando assim, danos ao meio físico e biológico.

Quanto ao problema do uso e ocupação e o processo de degradação ambiental, Espindola et al. (2012) observaram que, no caso da modificação de áreas de florestas em outros usos, o uso da terra voltado para o plantio, no caso da porção do domínio morfoclimático do Amazonas, inserido na área que compõe o Estado do Mato Grosso, teve seu estado de degradação acentuado pelos grande latifúndios ao transformar áreas florestadas em pastagem, incluindo as áreas modificadas de florestas em plantio.

Este problema pode ocorrer, também, devido à circulação de pessoas no interior de áreas de lazer, como em parques ecológicos em áreas urbanas e desprovidos de gerenciamento ambiental (i.g. controle do número de visitantes e dos locais a serem utilizados), como observado por ALBUQUERQUE SOBRINHO & MEIRELES (2004), embora esta questão ocorra também em áreas urbanas rurais sem planejamento adequado ou com problemas de gestão ambiental (PRAKASH, 2002; CANDIDO & ZAINE, 2005).

Práticas conservacionistas podem amenizar o melhor as condições dos solos, cujos impactos tenham sido realizados por qualquer atividade sócio-econômica,

embora, a ausência de tais práticas, bem como, o emprego de técnicas de preparo convencional, com passagem excessiva de maquinário agrícola sobre a superfície do solo ao longo do tempo pode pulverizar e decomposição da matéria orgânica, aumentando a susceptibilidade à erosão hídrica e eólica, transportando os agregados das frações mais finas dos solos durante as tempestades de pó (BOTELHO & GUERRA, 2003).

Haja vista o uso cauteloso do solo, algumas práticas podem melhorar ou mesmo minimizar os danos promovidos ao meio (MELLO; BUENO; PEREIRA, 2006), como se observa na tabela 12, onde ZOCCAL (2007) sugere algumas práticas no terreno, como também no próprio solo.

A impermeabilização do solo feita durante o processo construtivo, como criação de vias rurais e urbanas, por exemplo, é de grande importância, posto que tem como objetivo, aumentar a resistência mecânica do aterro que irá suportar a circulação de veículos. Tanto que o contato solo com pavimento facilita o processo erosivo em estradas, no entanto, o contato entre a superfície compactada com a menos compactada pode induzir a problemas erosivos, comumente observados ao longo das vias de circulação, especialmente nas áreas rurais.

O homem ao intervir na natureza, por meio de construções, estando elas tanto na planície fluvial e/ou fora dela, possibilita que problemas de natureza geotécnica e ambiental se materializem, degradando ainda mais o local.

Nesta complexidade de ações realizadas pelo homem, benfeitorias governamentais e privadas no terreno, dialogam contraditoriamente entre vantagens e desvantagens sócio-econômicas, como por exemplo:

- Galeria pluvial – Drenar as águas oriundas das chuvas, porém, quando mal planejadas, ou quando entrada vedada por sedimentos e/ou resíduos sólidos transportados pelo escoamento, ou vedada por despejo de lixo pela população, tem sua capacidade comprometida e contribui nos problemas de alagamentos nas áreas urbanizadas;
- Pontes e viadutos – Usadas para transpor obstáculos, estão sujeitas ao acúmulo de materiais geológicos diversos transportados pelas águas e correntes, fortemente sentido em áreas estuarinas, por conta do aporte de sedimento em circulação;

Estradas – embora facilite a circulação entre pontos (localidades), o contato das vias, sejam elas de terra, asfaltadas ou em paralelepípedo, sujeitas à erosão, disponibilizando sedimentos, que são transportados pelas chuvas, podendo ocorrer a formação de feições erosivas, até atingir a forma de voçoroca. Quando esta circulação é feita por vias, como em estradas, rodovias e demais caminhos, tanto em áreas urbanas quanto rurais, induzem ao processo erosivo, onde as estradas rurais, carregadores, bem como o manejo inadequado de terraços e curvas de nível, têm impacto significativo no assoreamento de nascentes e córregos, já que servem de caminho para o escoamento superficial, dando início aos processos erosivos (GROSSI, 2006);

- Dutos – São importantes para facilitar o abastecimento (água, gás, óleo e outros produtos), ligações elétricas interadas (linhas de transmissão) etc., Apesar dos seus reconhecidos benefícios dessas infra-estruturas, os dutos estão sujeitos à erosão, explosão ou contaminação do solo e subsolo, em função do tipo de produto deteriorável usado;
- Piscinão – Uma boa opção para conter enchentes em áreas urbanas, porém, pode ser foco de mosquitos transmissores da dengue, dentre outros;
- Estruturas em solo (aterro) – Os aterros servem para cobrir porções superficiais dos solos que foram removidas, como na instalação de galerias pluviais e demais benfeitorias no subsolo, porém, podem estar sujeitas à erosão quando mal elaboradas durante o processo de construção;
- Muro de contenção – É uma das opções para se evitar a erosão ou ruptura de taludes, especialmente em encostas e nas áreas com fluxo de água, como em rios semi-canalizados. Contudo, o contato entre o concreto e o solo, pode ser uma zona de contato entre materiais com características diferentes, transformando-os em indutores ou aceleradores dos processos erosivos;
- Cortina atirantada – Vem sendo aplicada para segurar maciços rochosos com características geotécnicas desfavoráveis, quando apresentam fraturas preenchidas por argilas ou não, requerendo assim, a fixação dos mesmos, para se evitar a ruptura dos taludes rochosos. Contudo, dependendo da dinâmica hidrogeológica, a água subterrânea pode alterar o concreto, a ponto de rompê-lo, no caso da tensão

no maciço for superior a capacidade de suporte da cortina, embora ocorra predominantemente em áreas urbanizadas e ao longo das vias pavimentadas;

- Colunas de *Jet grouting* – Tem aplicação semelhante à cortina atirantada, embora seja usada em maciços terrosos, a fim de reforçá-los para não ocorrer à percolação de contaminantes, escavabilidade do maciço no caso de construções subterrâneas (ALBUQUERQUE SOBRINHO, 2006), podendo gerar recalques diferenciais durante o processo de jateamento, por conta da pressão usada na calda de cimento e na variação de volume no interior do solo. Sua aplicação em áreas fluviais pode ser feita em taludes sujeitos à erosão.

Quanto ao uso do solo pelo cultivo agrícola, este pode ser realizado nas mais diferentes porções do relevo que, dependendo de sua localização, pode gerar danos diversos devido ao processo de erosão e sedimentação. Esta questão está associada à inclinação do terreno, bem como, a natureza do material geológico e suas características geotécnicas (LORANDI et al., 2001), apesar do uso do solo, em função do tipo de interação sócio-econômica, pode degradar ainda mais o ambiente.

As áreas abauladas do terreno, quando alagadas, podem ser usadas para o cultivo, como por exemplo, de arroz (SANCHEZ et al., 1982), já que requerem uma significativa quantidade de água no seu cultivo. O impacto deste tipo de ação está relacionado à forma como é feito o uso do solo, disposição de sedimentos carregados ao interior do rio, bem como, alteração da qualidade da água, dependendo do tipo de ações corretivas ou melhoria do solo na planície de inundação.

Tabela 12 - Práticas que podem ser utilizadas na melhoria do solo e minimização dos impactos causados ao solo (ZOCCAL, 2007).

Práticas Edáficas	Práticas Mecânicas
Manutenção da cobertura vegetal; Evitar e controlar as queimadas; Evitar desmatamento das áreas impróprias para exploração agrossilvopastoril; Adequação das propriedades rurais quanto ao uso e ocupação do solo; Elaborar divisão correta das pastagens a fim de evitar o pisoteio excessivo por parte dos animais; Dividir o tamanho das pastagens, como também, dos bebedouros e cochos à exploração pecuária para evitar a formação de trilhos provocados pelo caminhar do rebanho.	Elaboração de plantil em nível; Subsolagem e áreas compactadas; Cultivo mínimo das explorações; Terraceamentos das áreas em riscos e sujeitas ao escoamento superficial das águas pluviais; Adequação da localização, construção e manutenção de infra-estruturas do tipo, reserve canais de irrigação aos princípios de conservação, estradas, carreadores, caminhos e canais de irrigação direcionados aos princípios conservacionistas, e; Efetuar a proteção das cabeceiras das nascentes com as práticas mecânicas, vegetativas e edáficas de conservação do solo e água.

Ainda com relação à localização das diferentes culturas, Brigante et al. (2003) comentam que “Na bacia hidrográfica de montante, os processos de erosão e lixiviação são favorecidos não só por práticas agrícolas de uso do solo nos morros, as quais não adotam curvas de nível, mas também pela aração com implementos, praticada no sentido longitudinal da declividade do terreno, o que favorece a remoção de partículas de solo pelo vento e pela chuva, gerando as enxuradas que levam ao assoreamento dos mananciais, e, conseqüentemente, reduzindo a capacidade de drenagem”.

As culturas podem ser plantas, segundo a ciclicidade da plantação, tornando que alguns tipos possam ser plantados mais de uma vez ao ano, ao passo que outras, requerem cultivo mais fixo ao longo do tempo.

Pons (2006) *apud* Cereda Junior (2006) cita os diferentes tipos de cultivos, onde foram classificados como culturas perenes, o plantio de café e citrus; culturas anuais, como milho, soja, horticulturas e cana-de-açúcar.

Durante o período pós-colheita, relacionado ao cultivo da soja, por exemplo, quando o solo fica exposto, ausente de qualquer cobertura vegetal, propicia o

surgimento de feições erosivas durante o período chuvoso, além disso ao se plantar este tipo de cultivo nas margens dos cursos d'água, favorecem o agravamento da degradação ambiental, pela ausência de vegetação ripária (SOUZA; GASPARETTO; NAKASHIMA, 2008).

Todas as variáveis aqui propostas fazem parte deste sistema de avaliação geoambiental em proposição, cujos valores adotados na classificação do estado de conservação do meio físico de um determinado curso, pode ser observado no capítulo 8.

4.3 Propriedades pedológicas (físicas e morfológicas)

Devido ao estudo feito na área, levando-se em consideração algumas variáveis comumente adotadas nos estudos pedológicos, decidiu-se em apresentar as propriedades físicas e morfológicas realizadas no *locus* de investigação.

Tal estudo tem como finalidade investigar o papel que as variáveis pedológicas tem na degradação dos solos existentes nas áreas correspondentes às margens do Córrego das Cruzes e o espaço tido como faixa marginal (o dado é teórico, pois a mesma foi praticamente degradada) e comparar os resultados obtidos com o Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1987) e o sistema de avaliação aqui proposto.

A variável distribuição textural foi incluída no sistema de avaliação, localizado no tópico Parâmetros geotécnicos.

A caracterização da estrutura do solo é feita de acordo com a forma que os materiais estão estruturados nos diferentes horizontes (a - laminar, ba - prismática, Ca - colunar, cb - blocos subangulares, d - granular), como mostra a figura 9.

Figura 9 - Tipos de estruturas existentes nos diferentes horizontes dos solos (SBCS, 1982; VIERIA, 1988).

As informações pertinentes às propriedades físicas e morfológicas dos solos adotadas nas propriedades pedológicas e suas formas de avaliação, podem ser observadas na tabela 13.

Tabela 13 - Propriedades físicas e morfológicas dos solos (adaptado de VIEIRA, 1988).

Propriedades	Características	Forma de Avaliação
Distribuição granulométrica	Distribuição granulométrica dos materiais geológicos. Esta propriedade serve, também, para avaliação textural.	Granulometria
Análise mecânica	Avaliação do tamanho e da forma das partículas que compõem os solos (torrões, grumos, grânulos e concreções) existentes em seu interior.	Táctil-visual
Estrutura	Corresponde a forma de agregação das partículas dos solos (estrutura laminar, prismática, em blocos e granular), onde as mesmas apresentam dimensões distintas.	Táctil-visual
Consistência	Relaciona-se com as manifestações das forças decoesão e de adesão que atuam no solo, sob diferentes condições de umidades (seca, úmida e molhada)	Táctil-visual
Cor	A cor nos fornece informações quanto ao conteúdo do material geológico, tais como teor de ferro, teor de sílica e matéria orgânica.	Carta de Munsell
Textura	Ver distribuição granulométrica	Granulometria

Com relação ao tamanho das estruturas, as variações entre elas podem ser observadas na tabela 14, onde as mesmas foram agrupadas de acordo com a mesma classe de tamanho, embora varie entre elas, como por exemplo, a classe muito pequena para a estrutura laminar é considerada muito pequena, cujo tamanho seja inferior a 1 mm, ao passo que a estrutura colunar é considerada muito pequena para tamanhos inferiores a 10 mm.

Tabela 14 - Variação entre os tamanhos das estruturas (adaptado de IBGE, 2007).

Classes	Tamanho (mm)		
	Laminar/Granular	Colunar/Prismática	Blocos angulares/ subangulares
Muito pequena	<1	<10	<5
Pequena	1-2	10-20	5-10
Média	2-5	20-50	10-20
Grande	5-10	50-100	20-50
Muito grande	≥10	100-500	≥50
Extremamente grande	-	≥500	-

Porosidade do solo: é a relação entre o volume de vazios e o volume total (SBCS, 1982 & MACIEL FILHO, 1994). No entanto, sua determinação é feita a partir da análise do tamanho e sua quantidade, podendo ser granular ou grumosa.

Sua classificação quanto ao tamanho dos poros, é dividida em: muitos pequenos (1 a 2mm de diâmetro), pequenos (2 a 5 mm de diâmetro), médios (5 a 10 mm de diâmetro), grandes (>10 mm de diâmetro), sem poros (quando não observável por uma lupa de aumento de 10x).

A umidade do solo tem a capacidade de manter suas partículas unidas e também confere à capacidade que a cobertura vegetal tem em mantê-la por um período de tempo maior do que quando a cobertura está ausente (PINESE JUNIOR; CRUZ; RODRIGUES, 2008).

A infiltrabilidade é definida como sendo o fluxo de infiltração índice, que segundo LEI et al. (2006) determina a quantidade de água no perfil do solo e o **runoff** da superfície.

De acordo com Coelho Netto (2001) o termo infiltração foi proposto por Horton (1933) para designar a água que molha ou é absorvida pelo solo, enquanto, percolação, referia-se ao fluxo em subsuperfície que atravessa a zona de aeração em direção ao nível freático, o qual delimita a porção extrema superior da zona saturada do solo.

Coelho Netto (2001) comenta que o processo de infiltração resulta das relações de interdependência dos mecanismos de entrada na superfície do solo, de estocagem dentro do solo e de transmissão de umidade do solo.

Martins (1977b) cita que a variabilidade da capacidade de infiltração se deve às variações em área geográfica e às variações no decorrer do tempo em uma área limitada (causada por ação animal, desmatamento, alteração das rochas superficiais; diferença de grau de umidade do solo, estágio de desenvolvimento vegetal, atividade de animais, temperatura; variações no decorrer da própria precipitação).

Para Guerra (2001), os fatores controladores das taxas de erosão são: a erosividade (causada pela chuva, sendo o total de chuva, sua intensidade, momento e a energia cinética da mesma correspondem aos parâmetros utilizados na investigação de erosividade); a erodibilidade (proporcionada pelas propriedades do solo, tais como a textura, densidade aparente, porosidade, teor de matéria orgânica, estabilidade dos agregados e o pH do solos); as características das encostas (declividade, comprimento e no formato da encosta: concava e/ou convexa); e na natureza da cobertura vegetal (densidade da cobertura vegetal, tipo de cobertura vegetal e o percentual de cobertura vegetal são variáveis que influenciam no processo erosivo, quando relacionado ao papel da cobertura vegetal neste processo).

Quanto à capacidade de captação de água pelo solo retido, em um terreno previamente saturado, após sua drenagem natural por gravidade, SOUSA PINTO (1976) relacionou as diferentes texturas do solo e sua capacidade de campo, como observado na tabela 15.

Tabela 15 - Capacidade de campo para diferentes texturas do solo (adaptado de SOUSA PINTO, 1976).

Textura do solo	Capacidade de campo (mm/m)	PMP (mm/m)
Areia	100	25
Areia fina	115	30
Argilo-arenoso	160	50
Argilo-siltoso	280	115
Argila	325	210

Legenda: PMP = Ponto de Murchamento Permanente.

As diferentes frações que compõem os materiais particulados dos solos apresentam propriedades distintas, de acordo com suas respectivas texturas (ver tabela 16).

Tabela 16 - Características das texturas dos materiais geológicos sob diferentes parâmetros geotécnicos (adaptados de Yoshizane, 2005).

PROPRIEDADES	TIPOS DE SOLOS			
	ARENOSOS	SILTOSOS	ARGILOSOS	TURFOSOS
Granulação	Grossa (olho nu)	Fina (tato)	Muito Fina	Fibrosa
Plasticidade	Nenhuma	Pouca	Grande	Média a Pouca
Compressibilidade (carga estática)	Pouca	Média	Grande	Muito Grande
Compressibilidade (carga vibrada)	Pouca	Média	Grande	Muito Grande
Coesão	Nenhuma	Média	Grande	Pouca
Resistência ao Solo Seco	Nenhuma	Média	Grande	Média a Pouca
Resumo para caracterização	Tato Visual	Tato Quando seco se esfarela Se imergir uma porção seca na água desagrega	Tato Se molhar torna-se bem plástico Se imergir na água, mesmo depois de seca não desagrega.	Pela cor escura (preta) Quando Molhado, é bem plástico. Nota-se ser um material fibroso cheiro

4.4 Sistemas de avaliação da qualidade dos ambientes fluviais

A observação da dinâmica dos rios propiciou que muitos estudiosos classificassem tais ambientes, de acordo com as características distintas dos mesmos, tais como, nível de evolução geomorfológica dos rios – Ciclo de Davis; formato dos vales fluviais (THORNBURY, 1969); padrões das drenagens (LEOPOLD & WOLMAN, 1957; SCHUMM, 1963; DURY, 1969; CHITALE, 1970 *apud* CHRISTOFOLETTI, 1981; CANT, 1982 *apud* NICHOLS, 1999), hierarquização de

drenagem (STRAHLER, 1952 *apud* COELHO NETTO & AVELAR, 2002) e pela disposição morfométrica (ROSGEN, 1994).

Este tipo de abordagem tem um forte apelo geomorfológico, a fim de avaliar e comparar as diferentes bacias/ drenagens, embora os índices usados sejam diversos e nem todos eles são contemplados nesta caracterização.

O estudo feito por Jung, Niemann e Huang (2011) determinou as condições específicas para que as drenagens paralelas ocorram na natureza e a transição entre redes hidrográficas (dentriticas e paralelas) sejam elaboradas.

Outra técnica de caráter baseado na geomorfologia, relaciona-se com a Classificação de Rios Naturais, proposta por Rosgen (1994), que se baseia na compartimentação feitas por três níveis distintos: nível 1 – caracterização geomorfológica, nível 2 – descrição morfológica, nível 3 – nível de relação.

Sob o ponto de vista ecológico, diversos estudos propõem a classificação dos ambientes fluviais, aplicados não só à análise ambiental como também ao biomonitoramento.

Isto se deve ao fato de que as comunidades biológicas fornecem respostas integrais aos poluentes, como também, perturbação humana através da exposição contínua de magnitude, duração e frequência de estressores, constituindo-se assim como um importante avaliador da saúde ambiental (BARBOUR & PAUL, 2010).

O TWINSPLAN (Two-Way Indicator Species Analysis) é uma das técnicas adotadas na avaliação fluvial, à partir da classificação das formas vegetacionais, através de padrões de distribuição das espécies (HILL, 1979; KENT & COCKER, 1992; *apud* MORENO & CARDOSO, 2005; AVILA et al., 2011).

Segundo Moreno & Cardoso (2005), este método é relativamente simples e utiliza apenas o número de indivíduos de espécies presentes por unidades amostrais escolhidas a partir de um critério de seleção, onde o resultado é a indicação de pseudo-espécies (classes de densidade das espécies encontradas nas unidades amostrais) preferenciais das unidades para a construção de uma tabela dicotômica (um grupo se divide em dois outros). Para isto, as amostras são classificadas pelas sucessivas divisões e, em seguida, as espécies são classificadas da mesma maneira, usando como base nas amostras, gerando ao final, agrupamentos

vegetacionais compostos por uma flora característica determinante de uma dada região.

Moreno & Cardoso (2005) comentam que a disposição de unidades amostrais, na forma de parcelas, em zonas de transição é importante na utilização no TWINSpan para obtenção de grupos que indiquem a localização da delimitação de formas vegetacionais.

Staniszewski et al. (2006) estudaram vários rios da Polônia, onde os mesmos utilizaram, além do RIVPACS, macrófitas como bioindicadores da qualidade da água, em que o seu emprego contribuiu para uma melhor avaliação da qualidade dos ambientes fluviais, ao passo que Aroviita et al. (2008) utilizaram macroinvertebrados bentônicos para avaliar o estado da fauna de rios impactados, na porção ocidental da Finlândia.

Outros exemplos de avaliação pautada no aspecto biológico podem ser feitos pelos sistemas de classificação de rios: *River Habitat Survey* (incluindo derivação dos índices de pontuação para Modificação de Habitat e Avaliação da Qualidade do Habitat), incluindo o Índice de Funcionamento Fluvial, Index de Faixa de Buffer e Índice de Estado Selvagem, este reconhece que os elementos hidromorfológicos, junto com os elementos químicos, suportam a qualidade dos elementos biológicos na definição do estado ecológico, especialmente: o regime hidrológico (quantidade e dinâmica do fluxo, a ligação a massas de águas subterrâneas); continuidade do rio e condições morfológicas, tais como os padrões do canal, variação de largura e profundidade, velocidade do fluxo, condições do substrato e condição de zona ripária.

A União Europeia financiou vários projetos de pesquisa, com intuito de desenvolver sistemas de avaliações ecológicas que preencham os requisitos da *Water Framework Directive* (BARBOUR & PAUL, 2010). Sendo que a AQEM foi um desses projetos, o qual é um sistema de avaliação para rios europeus, baseado em macroinvertebrados. Neste sistema, os principais elementos são: procedimento de amostragem harmonizadas; um banco de dados das características ecológicas de macroinvertebrados bentônicos europeus usados para todos os cálculos de métricos; metodologia para calcular as avaliações métricas; e procedimentos

multimétricos, que foram definidos individualmente para cada um dos tipos de rio estudado (HERING et al., 2004; BALESTRINI; CAZZOLA; BUFFAGNI, 2004).

O *Urban River Survey* (URS) é uma adaptação do *River Habitat Survey* (RHS), que foi desenvolvido para atender às características geomorfológicas e composições ecológicas de canal, como também, a zona ripária circundante em áreas urbanas (DAVENPORT; GURNELL; ARMITAGE, 2004).

Braioni et al. (1994) *apud* Braioni et al. (2001) desenvolveram três Índices de Avaliações Ambientais para Qualidade da Margem de Rio. O Índice de Estado Selvagem reflete o estado de conservação da natureza na margem e a potencialidade da área para suportar um alto nível de biodiversidade. O Índice faixa tampão provém medição indireta da capacidade de filtrar, metabolizar e bioacumular nutrientes e poluentes da zona ripária. Já o Índice de Paisagem Ambiental leva em conta a história social e os impactos das atividades humanas, ao mesmo tempo o estado e função das comunidades biológicas das áreas levantadas e o território circundante.

Outras vezes, combinações de informações relacionadas ao meio físico, aspectos biológicos e análise químicas são agrupadas, como no caso do (EPA, 1987).

DIRECTIVE (2000) *apud* Staniszewski et al. (2006) comenta que o Comitê Europeu de Proteção às Águas (fluviais, transicionais, costeiras e subterrâneas) formaliza a necessidade de se padronizar, comparar e difundir dados sobre os ecossistemas aquáticos europeus, através da *Water Framework Directive*.

Wyrick & Klingeman (2010) propuseram uma ferramenta para melhorar as classificações de rios e projetos de restauração.

Já o sistema de classificação elaborado por Thomson, Taylor e Brierley (2004) integra os aspectos físicos (dentro e entre as classes geomorfológicas) e biológicos (similaridade das comunidades de macroinvertebrados) da forma lóaticas e reforçaria a conservação e esforços de restauração, permitindo comparações mais significativas entre os locais e melhoraria na compreensão funcional destes ecossistemas.

Outra abordagem ambiental é feita pela caracterização geoquímica das águas e sedimentos dos corpos hídricos, onde elementos ecotoxicológicos são levantados (ZUFFO, 1998; GROSSI, 2006; ZANINI, 2009).

O Índice de Qualidade de Água é uma das ferramentas que emprega parâmetros físico-químicos no diagnóstico da qualidade da água no Estado de São Paulo e seus objetivos (abastecimento público, proteção da vida aquática e balneabilidade da vida aquática), embora cada finalidade apresente um subconjunto de índices (CRH, 2006).

Este tipo de avaliação é muito corrente, tanto no Brasil (ZUFFO, 1998; BRIGANTE et al., 2003; VENDRAMINI, 2009) quanto no exterior (OUDIN; MEYBECK; ROUSSEL, 1999; KANNEL et al., 2007; FULAZZAKY; SEONG; MASIRIN, 2010), ocorrendo, outrossim, variações no conteúdo paramétricos e limitações que variam de acordo com o tipo de uso.

No caso do Brasil, a CETESB adaptou e desenvolveu o Índice de Qualidade das Águas (IQA), através do uso de 9 parâmetros (temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduo total e turbidez) utilizados para avaliar a qualidade das águas, com foco principal nas águas usadas para o abastecimento público (CRH, 2006; CETESB, 2011).

O *Stream Water Quality Model* (QUAL2) e suas variações QUAL2E (BROWN & BARNWELL, 1987; RAUCH et al., 1998; SHANAHAN et al., 1998; SEOK & LEE, 2002; NAHON; KISHI; FERNANDES, 2009; BIRGAND, 2011) e QUAL2K (BROWN & BARNWELL, 1987; EPA, 2011), são exemplos de abordagem físico-química das águas fluviais.

Estes modelos são usados na avaliação das medidas de gestão da qualidade da água, embora a avaliação da qualidade das águas dos rios, vem sendo constantemente refinada e atualizada a fim de atender aos novos e problemas emergentes de poluição das águas superficiais, como o da eutrofização e toxicidade aguda e crônica, etc. (RAUCH et al., 1998).

No entanto, o QUAL2E emprega mais de uma centena de parâmetros, resultando na incerteza do modelo, já que a incerteza dos parâmetros pode comprometer toda a confiança nos resultados (BIRGAND, 2011). Além disso, a

probabilidade de parâmetro pode ser apresentada em até 15 variáveis de estado. Devido ao aspecto espacial da modelagem, a incerteza de um determinado parâmetro não necessariamente tem o mesmo efeito na variância de um estado variável ao longo de um corpo fluvial modelado.

SILVINO (2008) comenta que o programa QUAL2K considera a vazão constante em cada elemento computacional, calculando a vazão de saída a partir do somatório das vazões pontuais e difusas que entram, e da subtração das pontuais e difusas que são retiradas. Além disso o programa utiliza essas vazões modeladas para simular a variação espacial das variáveis físicas, químicas e biológicas de qualidade da água, assim como os coeficientes de reaeração (K_2), transformando esta ferramenta de cunho avaliativo, no QUAL2Kw, como sendo uma versão mais moderna do QUAL2K (PELLETIER; CHAPRA; TAO, 2006; SILVINO, 2008; CHO & HÁ, 2010).

O modelo QUAL2Kw utiliza as seguintes variáveis: temperatura, condutividade elétrica, sólidos inorgânicos em suspensão, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio carbonácea de reação lenta e de reação rápida, nitrogênio orgânico, nitrato de nitrogênio, fósforo inorgânico, fitoplâncton, detrito, patógeno, alcalinidade, carbono inorgânico total, biomassa de alga de fundo, nitrogênio de alga de fundo e fósforo de alga de fundo (PELLETIER; CHAPRA; TAO, 2006).

4.4.1 The River Styles Framework (NSW & DLWC)

Desenvolvido como ferramenta de pesquisa por geomorfologistas em parceria entre *New South Wales Department of Land e Water Conservation*, o sistema *The River Styles Framework* (NSW & DLWC) vem sendo empregado no gerenciamento de rios (BRIERLEY et al., 2002).

De acordo com Land & Water, Austrália (2011) o *River Styles* fornece um modelo biofísico para gerenciamento de rios, que é diretamente apropriado à estrutura e função dos rios da Austrália, proporcionando uma avaliação geomorfológica da linha de base do caráter do rio, condição e comportamento. O formulário de conexões procedimentais e processuais dentro de uma unidade

geomórfica e avaliação da evolução fluvial fornecem um modelo biofísico para *benchmarking* integrativo e programas de biomonitoramento e gestão de tomada de decisão.

Esta avaliação se baseia na caracterização das condições geomorfológicas da drenagem, tais como geometria do canal, agrupamento de unidades geomorfológicas, distinção de um conjunto de atributos e cálculo em termos da plataforma do canal (BRIERLEY AND FRYIRS, 2000 *apud* THOMSON; TAYLOR; BRIERLEY, 2004).

Fryirs (2003) comenta que os procedimentos necessários para a adoção deste sistema consistem em três passos distintos: 1) identificação do tipo de rio, denominado de River Style, como também, sua capacidade de ajuste no interior do próprio vale; 2) avaliação evolutiva do rio como base para identificação de mudanças geomorfológicas irreversíveis e uma condição de referência “natural”; e, 3) determinar e explicar a condição geomórfica de cada desembocadura em uma bacia hidrográfica. Aplicação do procedimento é demonstrado para entrada de um aluvião e o Estilo do Rio (River Style) confinado na captação de Bega, na costa sul de Nova Gales do Sul, Australia, como denota a figura 10.

Contudo, Thomson, Taylor e Brierley (2004) levaram em consideração o aspecto biológico através do uso da assembleia de macroinvertebrados e características do habitat de lago e unidades geomorfológicas e uma série de unidades geomorfológicas de três diferentes rios na costa norte da *New South Wales*, Austrália.

Figura 10 - Aplicação do potencial de recuperação do framework para vale parcialmente confinado com leito rochoso com descontinuidade controlada do River Style da planície de inundação (BRIERLEY et al., 2002).

4.4.2 Análise Morfométrica dos Ambientes Fluviais

O estudo sobre a forma e a influência que os fatores geomorfológicos influenciam na evolução dos cursos d'água, podem ser realizados através da análise morfométrica destes ambientes, tanto na escala de bacia quanto na de drenagem.

Estes parâmetros que compõem a análise morfométrica são de suma importância nas investigações sobre os processos internos que ocorrem nos reservatórios, por exemplo, como comentado por Tundisi (1988), que segundo o citado autor, no caso dos reservatórios construídos, sua localização, orientação em

relação à direção dos ventos preferenciais, a morfologia da área a ser inundada, são de extrema importância, já que estas características determinam, em parte, a amplitude de atuação das forças sobre esses ecossistemas artificiais.

No entanto, os parâmetros morfométricos comumente empregados são: área, perímetro, comprimento da drenagem dos canais, densidade de drenagem, frequência de drenagem, taxa de bifurcação, taxa de textura, taxa circulatória, constância de manutenção do canal, índice de contribuição do canal, índice de força fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980; Dalla FONTANA & MARCHI, 2003 *apud* MARCHI & Dalla FONTANA, 2005; PANKAJ & KUMAR, 2009).

O papel da atividade tectônica nos estudos geomorfológicos, em especial nos ambientes fluviais, passou a ser considerado no início da década de oitenta do século XX, a partir de áreas tectonicamente instáveis (OLLIER, 1981; SUMMERFIELD, 1987; SUMMERFIELD, 1991 *apud* ALVES & CASTRO, 2003; VERRIOS, ZYGOURI, KIKKALAS, 2004), em decorrência do papel que as forças internas exercem sobre os vales fluviais (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Neste sentido, Verrios, Zygouri, Kikkalas (2004) analisaram o papel que a morfotectônica exerce sobre a zona de falha Eliki, no golfo de Corinto, Grécia, no referido estudo, os citados autores comentam que a combinação de dados morfométricos em conjunto com dados sísmicos e geomórficos parecem ser ferramentas importantes na determinação relativa do nível de atividade tectônica e fornece dados para avaliação de riscos sísmicos, incluindo ainda, a percepção de que a atividade tectônica nesta porção grega está diminuindo ao longo do tempo.

A questão tectônica, a despeito de sua importância no que se refere à capacidade de modificação geoambiental dos cursos fluviais, a mesma não foi incluída neste sistema de avaliação por não ser predominante no território brasileiro, embora atividade sísmica e tectônica ocorra em alguns locais da placa tectônica sulamericana.

Como o tectonismo está correlacionado ao controle geológico local, Alves & Castro (2003) afirma que os parâmetros morfométricos relacionados a tais questões são: relação de relevo (R_r), densidade hidrográfica (D_h), gradiente de canais (G_c), índice de circularidade (I_c) e índice de sinuosidade (I_s).

Destas variáveis, foram levantadas a relação de relevo, densidade hidrográfica, gradiente de canais e índice de sinuosidade, para a área de estudo, cujos dados são apresentados no tópico 7.6.

Segundo Zancoppe (2004), a determinação do grau de sinuosidade de um canal fluvial corresponde ao quociente do comprimento do canal pelo comprimento do vale no mesmo trecho, como observado na fórmula 2):

$$Is = Cv / Cc \quad (2)$$

onde: Is é o índice de sinuosidade; Cc é o comprimento do canal em determinado trecho, e; Cv é o comprimento do vale no mesmo trecho, medido ao longo da linha situada na metade da largura da planície fluvial, isto é, na distância média entre os sopés das vertentes.

De acordo com Lana, Alves e Castro (2001), os valores obtidos quando próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, ao passo que os de valores superiores a 2,0 sugerem canais tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares.

Os citados autores, no mesmo estudo, comentam que a sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais.

O número de ordem total foi proposto, inicialmente por Horton (1945), porém foi modificado por Strahler (1952) *apud* Christofolletti (1980), sendo um dos parâmetros mais usados para a hierarquia fluvial, pois determina o número de cursos d'água que compõe a bacia hidrográfica, onde as áreas de nascentes seriam classificadas como sendo de primeira ordem, onde a confluência dos canais de primeira ordem com uma segunda ordem criaria uma segunda ordem e assim por diante.

O comprimento total do rio é baseado na medição direta ou indireta do mesmo, onde normalmente o valor apresentado é expresso em quilômetro (km).

Aguiar (2009) explica que as variáveis relacionadas às grandezas bidimensionais ou de dados provenientes de medições topográficas, além de medições lineares da rede e da bacia de capacitação, cujos procedimentos podem ser feitos por softwares de CAD e expresso em km², no caso da medição de áreas.

A taxa de bifurcação corresponde a relação entre o número total de segmentos de uma certa ordem (N_u) e o número total dos de ordem imediatamente superior (N_{u+1}), como definido por Horton (1945) *apud* Christofolletti (1980).

Christofolletti (1980) afirma que o valor referente à taxa de bifurcação nunca pode ser inferior a 2, e não se deve levar em consideração às feições canalizadas causadas pelo escoamento pluvial.

A frequência de drenagem (F_s) ou densidade de rios, pode ser compreendida como sendo a relação entre a quantidade de drenagem (Σ^{Nu}) de uma determinada bacia pelo seu respectivo tamanho, onde o mesmo foi proposto por Horton (1945) *apud* Christofolletti (1980).

A definição da relação entre o aporte de sedimentos por unidade de área pode ser feita através do uso da quantificação da relação de relevo, cuja variável foi proposta por Schumm (1956) *apud* Aguiar (2009), sendo atribuída pela amplitude altimétrica máxima pelo comprimento total da bacia. Neste sentido, Aguiar (2009) comenta que quanto maior for o valor da relação de relevo, maior será a velocidade de escoamento e menor taxa de infiltração.

No entanto, Christofolletti (1980) reintera que este parâmetro é importante na análise das bacias hidrográficas, pois apresenta relação inversa com o comprimento dos corpos fluviais, já que a medida que aumenta, numericamente, a densidade hidrográfica, diminui o tamanho dos componentes fluviais das bacias de drenagem.

Pires Neto (1991) *apud* Fontes (2004) defende que a densidade de drenagem cujo valor é elevado, indica um baixo índice de infiltração, resultando em uma rápida concentração do escoamento superficial e alto potencial de fluxo. Por outro lado, áreas de baixa densidade apresentam elevado índice de infiltração e escoamento laminar generalizado, apesar de variáveis do meio físico, como a geologia, topografia, clima, vegetação e número de ciclos de erosão (FONTES, 2004).

As aplicações de abordagens geomorfológicas, a partir de dados morfométricos já são bem conhecidas, como no trabalho de Demattê & Demétrio (1995) relacionando os padrões de drenagem de bacias hidrográficas na caracterização de solos no Estado do Paraná.

Exemplo disso, deu-se por meio do estudo feito por Alves & Castro (2003) para a bacia do Rio do Tanque (afluente da margem esquerda do rio Santo Antônio,

médio vale do rio Doce, Estado de Minas Gerais), onde as falhas geológicas de direção NW-SE controlam a maior parte dos canais da rede de drenagem, os quais ocorrem geralmente encaixados, e os de direção NE-SW, além de controlarem uma pequena parte dos canais, sendo os principais responsáveis pelos barramentos da citada bacia, condicionando a presença de níveis de base locais ocasionando a retenção de sedimentos e consequente meandramento dos canais.

Aguiar (2009) comparou duas bacias no Estado do Paraná (Iguatemi e Piquiri) através de uma abordagem hidrogeomorfológica e hidrossedimentológica, comparando dados, também, de fontes morfométrica e sensoriamento remoto por satélite.

As fórmulas usadas para calcular os diferentes parâmetros, seguidos da definição dos mesmos, são apresentadas na tabela 17 e 18.

Como foi possível observar através das tabelas 17 e 18, existe uma variedade de parâmetros morfométricos, os quais nem todos são usados em um mesmo estudo, com feito por Christofolletti (1980); Demattê & Demétrio (1995); Dalla Fontana & Marchi (2003) *apud* Marchi & Dalla Fontana (2005); Lugão; Calijuri; Loures (2009); Pankaj & Kumar (2009), em decorrência do objetivo e/ou mesmo facilidade de acesso a informação.

Tabela 17 – Descrição dos parâmetros morfométricos e suas fórmulas (SHERMAN, 1932; HORTON, 1945; STRAHLER, 1964; MELTON, 1957; VERSTAPPEN, 1983; PATTON, 1988; RITTER et al., 1995; BISWAS et al., 1999; MACKA, 2001; REDDY et al., 2004 *apud* OZDEMIR & BIRD, 2009).

Parâmetros morfométricos	Fórmulas	Descrição
Razão textural (T)	$T = N_{D1}(1/P)$	Razão entre rio de primeira ordem e o perímetro da bacia
Relevo da bacia (Bh)	$Bh = H_{\max} - H_{\min}$	Distância vertical máxima entre os pontos mais baixos e mais altos da sub-bacia.
Número robustez (Rn)	$R_n = B_h - D_d$	O produto do relevo da bacia e a densidade da drenagem
Densidade de drenagem (Dd)	$Dd = \Sigma L/A$ C - comprimento total dos canais A - área total da bacia	Esta variável se relaciona diretamente com os processos climáticos atuantes na área estudada, os quais influenciam o fornecimento e transporte de material detrítico ou indicam o grau de manipulação antrópica
Coefficiente de manutenção (Cm)	$C_m = \frac{1}{Dd} 1000$ Dd – densidade de drenagem	Fornece a área mínima necessária para a manutenção de um metro de canal de escoamento
Índice de rugosidade (Ir)	$Ir = H * Dd$ H – amplitude altimétrica Dd – densidade de drenagem	Combina dados altimétricos com a densidade de drenagem
Fator de Forma (Kf)	$Kf = A / L$	É a relação entre a área da bacia (A) pela extensão do curso d'água mais longo (L)
Relação de Relevo (Rr)	$R_r = \frac{\Delta a}{L}$ D a - amplitude altimétrica L - comprimento do canal principal	Estabelece a relação entre a diferença entre a altitude máxima e a mínima na bacia com o comprimento total do canal principal
Densidade hidrográfica (Dh)	$Dh = \frac{n}{A}$ n - número de canais A - área total da bacia	Expressa o número de canais existentes em cada km ² da bacia hidrográfica, indicando o potencial hídrico da região

Tabela 18 – Continuação da descrição dos parâmetros morfométricos (SHERMAN, 1932; HORTON, 1945; STRAHLER, 1964; MELTON, 1957; VERSTAPPEN, 1983; PATTON, 1988; RITTER et al., 1995; BISWAS et al., 1999; MACKA, 2001; REDDY et al., 2004 *apud* OZDEMIR & BIRD, 2009).

Parâmetros morfométricos	Fórmulas	Descrição
Gradiente de canais (Gc)	$Gc = a_{max} / L$ (%) a _{max} - altitude máxima L - comprimento do canal principal	Relação entre a cota máxima e o comprimento do canal principal expresso em porcentagem. A sua finalidade é indicar a declividade dos cursos d'água
Índice de circularidade (Ic)	$Ic = \frac{A}{Ac}$ A - área total da bacia Ac - área do círculo de perímetro igual ao da área total da bacia	Ic = 0,51- escoamento moderado e pequena probabilidade de cheias Rápidas; Ic > 0,51- bacia circular favorecendo os processos de inundação (cheias rápidas); Ic < 0,51- bacia mais alongada favorecendo o escoamento
Índice de sinuosidade (Is)	$Is = \frac{L}{dv}$ L - comprimento do canal principal dv - distância vetorial entre os pontos extremos do canal principal	Is 1,0 - o canal tende a ser retilíneo; Is > 2,0 - canais tortuosos Valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. A sinuosidade dos canais é influenciada pela carga de sedimentos, pela compartimentação litológica, estruturação geológica e pela declividade dos canais
Nº de ordem total (Σ^{Nu})	(Σ^{Nu})	Nº de ordem total da bacia
Comprimento total (Σ^L)	(Σ^L)	Comprimento de cada ordem no nível de sub-bacia
Taxa de bifurcação (Rb)	$Rb = Nu/Nu + 1$	Razão entre nº de córregos de qualquer ordem e o nº de córregos da maior ordem.
Área (km ²)	7,81	
Frequencia de drenagem (Fs)	$Fs = \Sigma Nu/A$	Razão entre o nº total de rios e a area da bacia

4.4.3 Protocolo de Avaliação de Rápidos

O Protocolo de Avaliação de Rápidos é uma ferramenta de avaliação ambiental que, segundo Dillenburg (2007), é útil para quantificar as características das condições naturais de um determinado trecho de rio, sendo de fácil avaliação preliminar dos ecossistemas lóticos, como também, de fácil aplicação, pois permite, também, comparações entre trechos dentro de mesma drenagem ou de bacias hidrográficas diferentes.

Esta técnica de avaliação é utilizada por segmentos no interior/ao longo de um rio, onde um conjunto de dados são compartilhados, contendo pontuação, que varia de acordo com a realidade do local a se investigar, embora passível de erros.

Na versão de Hannafor, Barbour, e Resh (1997), as variáveis diferem das alterações feitas por Callisti et al. (2002), pois introduzem novas variáveis, como observados nas tabelas 19 a 21, cuja pontuação difere entre estas tabelas.

Dillenburg (2007) argumenta que este protocolo facilita a visualização da qualidade ambiental dos ambientes fluviais, além de ser uma ferramenta para ser aplicado e implementado nos programas de gerenciamento e preservação de bacias hidrográficas.

Sua aplicação consiste em responder um conjunto de questões, na forma de um protocolo/ questionário, contendo 22 parâmetros, embora estes dados sejam segmentados em duas tabelas distintas, que por questão de formação foi subdividida por pontuação diferenciada.

Nas tabelas 19, 20 e 21, as variáveis que se encontram nas mesmas, estão relacionadas aos parâmetros ecológicos, antrópicos, aspectos geotécnicos e hidroquímicos, embora a composição de ambas diferem entre si.

Tabela 19 - Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo da Agência de Proteção Ambiental de Ohio (EUA) (EPA, 1987). (Obs.: 4 pontos (situação natural), 2 e 0 pontos (situações leves ou severamente alteradas).

Parâmetros	Pontuação		
	4	2	0
1. Tipo de ocupação das margens do corpo d'água (principal atividade)	Vegetação Natural	Campo de Pastagem/Agricultura/ Monocultura/ Reflorestamento	Residencial/ Comercial/ Industrial
2. Erosão próxima e/ou nas margens do rio e assoreamento em seu leito	Ausente	Moderada	Acentuada
3. Alterações antrópicas	Ausente	Alterações de Origem Doméstica (Esgoto, Lixo)	Alterações de Origem Industrial/ Urbana (Fábricas, Siderurgias, Canalização, Retilinação do Curso do Rio)
4. Cobertura vegetal no leito	Parcial	Total	Ausente
5. Odor da água	Nenhum	Esgoto (Ovo Podre)	Óleo/Industrial
6. Oleosidade da água	Ausente	Moderada	Abundante
7. Transparência da água	Transparente	Turva/Cor de Chá-Forte	Opaca ou Colorida
8. Odor do sedimento (fundo)	Nenhum	Esgoto (Ovo Podre)	Óleo/Industrial
9. Oleosidade do fundo	Ausente	Moderado	Abundante
10. Tipo de fundo	Pedras/Cascalho	Lama/Areia	Cimento/Canalizado

As tabelas 20 e 21 apresentam 12 variáveis que compõem o protocolo de avaliação aqui exposto, cujos parâmetros foram divididos com limite de pontuação.

Na tabela 19, a pontuação é definida da seguinte forma: 0, 2 (situações leves ou severamente alteradas) e 4 (situação natural), ao passo que na tabela 20 esta divisão variou de: 0, 2, 3 (situações levemente severas ou severas) e 5 (situação normal).

Tabela 20 - Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997). (Obs.: 5 pontos (situação natural), 3, 2 e 0 pontos (situações leve ou severamente alteradas).

Parâmetros	Pontuação			
	5	3	2	0
11. Tipos de fundo	Mais de 50% com habitats diversificados; pedaços de troncos submersos; cascalho ou outros habitats estáveis.	30 a 50% de habitats diversificados; habitats adequados para a manutenção das populações de organismos aquáticos.	10 a 30% de habitats diversificados; disponibilidade de habitats insuficiente; substratos frequentemente modificados.	Menos que 10% de habitats diversificados; ausência de habitats óbvia; substrato rochoso instável para fixação dos organismos.
12. Extensão de rápidos	Rápidos e corredeiras bem desenvolvidas; rápidos tão largos quanto o rio e com o comprimento igual ao dobro da largura do rio.	Rápidos com a largura igual à do rio, mas com comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Trechos rápidos podem estar ausentes; rápidos não tão largos quanto o rio e seu comprimento menor que o dobro da largura do rio.	Rápidos ou corredeiras inexistentes.
13. Frequência de rápidos	Rápidos relativamente frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 5 e 7.	Rápidos não frequentes; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 7 e 15.	Rápidos ou corredeiras ocasionais; habitats formados pelos contornos do fundo; distância entre rápidos dividida pela largura do rio entre 15 e 25.	Geralmente com lâmina d'água "lisa" ou com rápidos rasos; pobreza de habitats; distância entre rápidos dividida pela
14. Tipos de substrato	Seixos abundantes (prevalecendo em nascentes).	Seixos abundantes; cascalho comum.	Fundo formado predominantemente por cascalho; alguns seixos presentes.	Fundo pedregoso; seixos ou lamoso.
15. Deposição de lama	Entre 0 e 25% do fundo coberto por lama.	Entre 25 e 50% do fundo coberto por lama.	Entre 50 e 75% do fundo coberto por lama.	Mais de 75% do fundo coberto por lama.
16. Depósitos sedimentares	Menos de 5% do fundo com deposição de lama; ausência de deposição nos remansos.	Alguma evidência de modificação no fundo, principalmente como aumento de cascalho, areia ou lama; 5 a 30% do fundo afetado; suave deposição nos remansos.	Deposição moderada de cascalho novo, areia ou lama nas margens; entre 30 a 50% do fundo afetado; deposição moderada nos remansos.	Grandes depósitos de lama, maior desenvolvimento das margens; mais de 50% do fundo modificado; remansos ausentes devido à significativa deposição de sedimentos.
17. Alterações no canal do rio	Canalização (retificação) ou dragagem ausente ou mínima; rio com padrão normal.	Alguma canalização presente, normalmente próximo à construção de pontes; evidência de modificações há mais de 20 anos.	Alguma modificação presente nas duas margens; 40 a 80% do rio modificado.	Margens modificadas; acima de 80% do rio modificado.

Tabela 21 - Continuação da tabela 60: Protocolo de Avaliação Rápida da Diversidade de Habitats em trechos de bacias hidrográficas, modificado do protocolo de Hannaford et al. (1997). (Obs.: 5 pontos (situação natural), 3, 2 e 0 pontos (situações leve ou severamente alteradas).

Parâmetros	Pontuação			
	5	3	2	0
18 Características do fluxo das águas	Fluxo relativamente igual em toda a largura do rio; mínima quantidade de substrato exposta.	Lâmina d'água acima de 75% do canal do rio; ou menos de 25% do substrato exposto.	Lâmina d'água entre 25 e 75% do canal do rio, e/ou maior parte do substrato nos "rápidos" exposto.	Lâmina d'água escassa e presente apenas nos remansos.
19. Presença de mata ciliar	Acima de 90% com vegetação ripária nativa, incluindo árvores, arbustos ou macrófitas; mínima evidência de deflorestamento; todas as plantas atingindo a altura "normal".	Entre 70 e 90% com vegetação ripária nativa; deflorestamento evidente mas não afetando o desenvolvimento da vegetação; maioria das plantas atingindo a altura "normal".	Entre 50 e 70% com vegetação ripária nativa; deflorestamento óbvio; trechos com solo exposto ou vegetação eliminada; menos da metade das plantas atingindo a altura "normal".	Menos de 50% da mata ciliar nativa; deflorestamento muito acentuado.
20 Estabilidade das margens	Margens estáveis; evidência de erosão mínima ou ausente; pequeno potencial para problemas futuros. Menos de 5% da margem afetada.	Moderadamente estáveis; pequenas áreas de erosão frequentes. Entre 5 e 30% da margem com erosão.	Moderadamente instável; entre 30 e 60% da margem com erosão. Risco elevado de erosão durante enchentes.	Instável; muitas áreas com erosão; frequentes áreas descobertas nas curvas do rio; erosão óbvia entre 60 e 100% da margem.
21. Extensão de mata ciliar	Largura da vegetação ripária maior que 18 m; sem influência de atividades antrópicas (agropecuária, estradas, etc.).	Largura da vegetação ripária entre 12 e 18 m; mínima influência antrópica.	Largura da vegetação ripária entre 6 e 12 m; influência antrópica intensa.	Largura da vegetação ripária menor que 6 m; vegetação restrita ou ausente devido à atividade antrópica.
22. Presença de plantas Aquáticas	Pequenas macrófitas aquáticas e/ou musgos distribuídos pelo leito.	Macrófitas aquáticas ou algas filamentosas ou musgos distribuídas no rio, substrato com perifiton.	Algas filamentosas ou macrófitas em poucas pedras ou alguns remansos, perifiton abundante e biofilme.	Ausência de vegetação aquática no leito do rio ou grandes bancos macrófitas (p.ex. aguapé).

Através do somatório total de cada variável, obtém-se a classificação quanto ao nível de preservação da condição ecológica, que corresponde à seguinte pontuação: entre 0 a 40 pontos representa trecho definido como sendo “impactado”; 41 a 60 pontos representam trechos “alterado”; e acima de 61 pontos, trechos “natural” (KRUPEK, 2010) como se observa na tabela 22.

Quanto à aplicação deste formulário de avaliação ambiental, Hannaford; Barbour; Resh (1997) demonstraram que um treinamento prévio, influencia na qualidade dos dados coletados.

Através do somatório total de cada variável, obtém-se a classificação quanto ao nível de preservação da condição ecológica, que corresponde à seguinte pontuação: entre 0 a 40 pontos representa trecho definido como sendo “impactado”; 41 a 60 pontos representam trechos “alterado”; e acima de 61 pontos, trechos “natural” (KRUPEK, 2010) como se observa na tabela 22.

A aplicação deste tipo de avaliação pode ter as mais diferentes finalidades, dentre elas, a avaliação da diversidade de ecossistemas fluviais em comparação com uso de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores de qualidade destes ambientes (CALISTO; MORETTI; GOULART, 2001), embora estes autores citados investigaram quatro corpos lenticos do município de Belo Horizontes/MG, a partir das 11 variáveis (1.tipo de fundo; 2.largura dos remansos, 3.frequência de remansos, 4.tipos de substrato, 5.deposição de lama, 7.depósitos sedimentares, 8.alteração no canal do rio, 9.características do fluxo das águas, 10.presença de vegetação ripária, 11.estabilidade das margens e extensão da vegetação ripária) com alterações/simplificações da propostas por Hannaford; Barbour; Resh (1997).

Quanto às aplicações deste protocolo, Callisto et al. (2002) comentam que o mesmo pode ser usado em atividades de pesquisa e ensino, já que o mesmo se baseia na caracterização das condições ecológicas em trechos de bacias hidrográficas, tendo sido aplicado para fins educacionais durante as aulas práticas de disciplinas de ecologia, em alguns rios e córregos no Parque Nacional da Serra do Cipó (MG) e Parque Nacional da Bocaina (RJ).

O estudo feito por Xavier & Teixeira (2007) apresentou o seguinte resultado para 464 nascentes perenes da bacia hidrográfica do Rio São João (Itaúna – MG) para um total de 58 córregos, 148 (31,89%) das nascentes encontravam-se

impactadas, 219 (47,2%) encontravam-se alteradas, e apenas 97 (20,91%) encontravam-se em estado natural.

Tabela 22 - Distribuição dos pontos do Protocolo de Avaliação de Rápidos (adaptado de Callixto et al., 2002; XAVIER & TEIXEIRA, 2007).

Pontuação	Classificação	Caracterização
>62	Naturais	Quando apresentavam pelo menos 50 m de vegetação natural em torno do olho d'água em nascentes pontuais ou a partir do olho d'água principal em nascentes difusas; vegetação ripária natural no trecho de 300 m a partir do olho d'água em ambas as margens; influência antrópica mínima ou ausente.
55 – 61	Pouco Alterados	Quando não apresentam 50 m de vegetação natural em seu entorno e vegetação ripária natural no trecho de 300 m, mas apresentam bom estado de conservação, apesar de serem ocupadas por poucas pastagem/agricultura ou pequenas influências antrópicas.
48 – 54	Média Alteração	Quando não apresentam 50 m de vegetação natural em seu entorno e vegetação ripária natural no trecho de 300 m, mas apresentam bom estado de conservação, apesar de serem ocupadas por pastagem/agricultura ou influências antrópicas mais acentuadas.
41 – 47	Muito Alterados	Quando não apresentam 50 m de vegetação natural em seu entorno e vegetação ripária natural no trecho de 300 m, mas apresentam estado de conservação ruim, apesar de serem ocupadas por pastagem/agricultura ou grandes influências antrópicas.
0 - 40	Impactados	Quando se encontram com alto grau de perturbação no entorno de 50 m do olho d'água e vegetação ripária no trecho de 300 m; solo compactado; presença intensa de gado; presença de erosões e voçorocas. Influência intensa de atividade antrópica.

De acordo com o estudo feito por Figueiredo (2009) a respeito do rio Sapucaí Mirim, no trecho de Conceição dos Ouros a Cachoeira de Minas (MG), classificou-se este curso rio como sendo, predominantemente, “alterado”, pois em um total de 10 avaliações (segmentos do rio), 7 pontos foram avaliados como alterado e 3 delas foram definidos como sendo “natural”.

No trabalho feito por Schneider et al. (2011) para o Córrego da Barrinha (Pirassununga, SP), comparando os resultados obtidos pelo uso deste protocolo com análise da concentração de Fósforo e Nitrogênio, indicou que ambas as técnicas indicaram que a água deste córrego se encontrava com boa qualidade, quanto à concentração de Fósforo e Nitrogênio e cujos limites estavam muito abaixo do limite máximo permitido pela legislação brasileira.

5. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA ÁREA DE ESTUDO

5.1 Caracterização regional do Meio Físico

A região em que a área de estudo está localizada, é climaticamente classificada, como sendo tropical úmido (Aw), com verão de grandes precipitações pluviométricas e invernos relativamente seco (RODRIGUES, 2007).

Sua temperatura anual é de 24,9°C, cuja média mensal máxima é de 27,3°C no mês de março e mínima de 24,9°C em julho (KÖPPEN & GEIGER, 1928; RODRIGUES, 2007).

Do ponto de vista geomorfológico, o domínio dos mares de morros é observado na porção noroeste do Estado de São Paulo, em especial em torno da área de estudo, cujos topos das colinas encontram-se arredondados e aplainados, como também, suas vertentes são retilíneas tendendo a convexa (RODRIGUES, 2007).

A área de estudo está inserida, regionalmente, na Bacia do Paraná, na Unidade Morfo-escultural Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná (ROSS, 1985), que engloba terrenos sedimentares cujas idades, variam desde o Devoniano ao Cretáceo, incluindo extensa ocorrência de rochas vulcânicas básicas e ácidas Jura-Cretácica, na porção sul desta entidade geológica.

Segundo o CPRM (2009) esta bacia, correspondente à porção Sul-Americana desta grande entidade geológica, recobre uma área de aproximadamente 1.6x10⁶ km², enquanto que na porção da América do Sul (Paraná e Bacia do Chaco-Paraná), sua área total é de 1.400.000 km² (QUINTAS, 2002).

Segundo Rodrigues (2007), o processo de formação da mesma ocorreu no início do Neocretáceo, após a ruptura do continente gondwânico, no centro-sul da Plataforma Sul-Americana, onde esta bacia é tida como interiorana, desenvolvida por compensação isostática, decorrente do acúmulo de quase 2.000 m de lavas basálticas, ocorrido no Eocretáceo (magmatismo Serra Geral).

A comentada bacia sedimentar metamorfisada é do tipo intracratônica, de idade Siluro-Ordoviciano (QUINTAS, 2002), que foi influenciada por quatro grandes episódios (ALMEIDA, 1981), que segundo SLOSS (1963), foram caracterizados como um ciclo tectono-sedimentar completo, sendo que os dois primeiros ciclos

estão relacionados à sedimentação em uma bacia sinforme subsidente, e os dois últimos correspondendo às fases de soerguimento e extrusão de grande quantidade de lavas toleíticas relacionadas ao intumescimento da crosta ocorrido ao redor de 135 - 120 Ma (CPRM, 2009).

A bacia do Paraná apresenta um formato alongado, com orientação NNE-SSO, tendo aproximadamente 1.750 km de comprimento e largura média de 900 km, apresentando derrames de lava basáltica em dois terços da porção brasileira, e os valores máximos de espessura de rochas sedimentares e vulcânicas são da ordem de 6.000m (QUINTAS, 2002).

A sequência deposicional de sedimentação é predominantemente arenosa, correspondente a um paleoclima semi-árido a árido, com aproximadamente 300m de espessura máxima preservada e área de 370.000 km²; sequência suprabasáltica neocretácea (SSN) composta por substrato de rochas vulcânicas, em especial, basaltos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento), cujo limite superior da sequência é erosivo, demarcado pela Superfície Sul-Americana ou sua posterior dissecação (RODRIGUES, 2007).

A compartimentação geológica regional é feita por sedimentos Cretáceos do Grupo Bauru, que se sobrepõem aos basaltos Juro-cretáceos da Formação Serra Geral e são sobrepostos por depósitos Tércio-Quaternários de colúvios e aluviões (QUINTAS, 2002; RODRIGUES, 2007).

O Grupo Bauru, na porção localizada no interior do Estado de São Paulo, é segmentado, segundo SOARES et al., (1980) *apud* SILVA (2003) como sendo: Formação Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina (incluindo litofácies Ubirajara, Taciba e São José do Rio Preto) e Marília (incluindo a litofácie Itaqueri).

De acordo com Silva (2003), o prosseguimento da sedimentação Bauru (evento ocorrido em toda a bacia), com os depósitos fluviais da Formação Adamantina transgrediu sobre a Formação Araçatuba, representando o início do estágio final da bacia. Sendo que nesta fase, o sistema fluvial avançou, primeiramente, sobre os sedimentos da Santo Anastácio na porção oeste, preservados nas margens do sistema lacustre, os basaltos a leste, como também depósitos pelíticos da Formação Araçatuba, nas áreas centrais.

Os materiais geológicos da Formação Serra Geral são marcados pela presença de massa basáltica, com densidade e profundidade do pacote variado, refletindo no conteúdo mineralógico (DNPM, 1984).

Para Abreu (2007), estes derrames basálticos são fisicamente caracterizados, como sendo rochas afaníticas, variando de cinza escura a preta, podendo formar solos argilosos plásticos, de cor marrom, com espessura de 1m e subhorizontal, no contato geológico entre este corpo rochoso com a Formação Botucatu (Região de Analândia, SP).

O grupo Bauru possui características litológicas sedimentares e paleontológicas corroborando para classificações paleoambientais continental, fluvial e lacustre (SCHNEIDER et al., 1974 *apud* DNPM, 1984).

Com base nas condições geológicas da área de estudo, percebeu-se que em seu interior ocorre o contato geológico entre três entidades distintas (Grupo Bauru: Formação Vale do Rio do Peixe; Grupo Caiuá: Formação Vale do Rio do Peixe, e; Grupo São Bento: Formação Serra Geral).

O grupo Bauru está localizado na porção central da Bacia do Paraná, podendo atingir uma espessura de 300m, sendo segmentado pelas formações caiuá, Santo Anastácio e Adamantina (SUÁREZ, 2002).

De acordo com Carvalho (2000), a Formação Santo Anastácio é um dos membros estratigráficos que compõem o Grupo Bauru, tendo como característica, a presença de arenitos finos, avermelhados, com acamamento horizontal e estratificações cruzadas de baixo ângulo, podendo ocorrer intercalações de níveis de argilito, cujos ambientes deposicionais teriam sido oriundos de rios meandantes e anastomosados.

Esta formação é compartimentada em unidade superior, intermediária e inferior, apesar da área de estudo está posicionada na unidade intermediária, que tem como característica geral, espessura do pacote sedimentar em 26m, presença de arenito avermelhado-claro a esverdeado, fino a médio, com teor de matriz siltítica variável, em padrão de fining up e eventualmente coarsening up, com raras estratificações e laminações cruzadas de baixo ângulo (PAULA E SILVA et al. 2006).

Segundo Batezelli et al. (2003), os arenitos da Formação Santo Anastácio encontram-se entre os Grupos Bauru e Caiuá, marcando o início do novo ciclo de sedimentação.

A citada formação apresenta distribuição e espessuras variáveis nos diferentes compartimentos da bacia (PAULA E SILVA, 2003 apud Paula e Silva; CHANG; CAETANO-CHANG, 2003).

Para Arid; Barcha; Mezzalira (1981), o Grupo Bauru possui granulação mais fina que o Caiuá e a fácies Santo Anastácio, não varia de tamanho sistematicamente, ao longo de todo o perfil vertical (arredondamento médio de 0,54.

A Formação do Vale do Rio do Peixe tem espessura preservada de aproximadamente 100m, repousando diretamente sobre o basalto da Formação Serra Geral (Grupo São Bento) é (FERNANDES & COIMBRA, 2000).

Quanto aos materiais residuais da Formação Serra Geral, Zuquette & Palma (2006) comentam que os mesmos são encontrados nos topos dos morros, possuindo pequenas espessuras, cujos materiais são compostos por argilo-minerais, quartzo, hidróxidos de ferro, magnetita e ilmenita, além de alguns minerais primários nas camadas de rochas alteradas e solos residuais provenientes de rochas areníticas.

Os solos existentes no interior da bacia são predominantemente Latossólicos e são distribuídos ao longo das vertentes, com perfis retilíneos e convexos (IPT, 1981a apud CAMPUS et al., 2007), embora na área de estudos, os mesmos não foram formados pelo processo pedogenético clássico, porém, na forma de depósitos sedimentares pedogenizados, podendo ser considerados como “Neossolos” seguidos de sua gênese, como Neossolo Quartzarênico e Neossolo Litólico.

Nas posições mais elevadas e planas dessas colinas encontram-se os Latossolos Vermelhos textura média, cujo material de origem derivou-se principalmente de arenitos da Formação Santo Anastácio, e estes transacionam, encosta abaixo, para Latossolos Vermelhos eutroféricos textura argilosa, originados principalmente dos produtos da alteração dos basaltos Formação Serra Geral (IPT, 1981b apud Campus et al., 2007).

Os solos residuais são formados por areia fina pouco argilosa, raramente com estratificação preservada, com resistência geomecânica por SPT (compacidade)

variando de fofa a muito compacta, cuja coloração, predominantemente, marrom avermelhada (RODRIGUES, 2007).

Quanto aos materiais coluvionares, Rodrigues (2007) comenta que sua espessura é bastante irregular, com tendência a espaçamento nos vales rumo aos altos topográficos.

De acordo com Rodrigues (2007), os aluviões mais desenvolvidos podem ser encontrados ao longo da calha do Rio Tietê, abaixo da cota 300m, embora pequenos depósitos sejam observados nos vales das drenagens secundária.

Estes depósitos repousam ao longo dos vales das drenagens secundárias da região em contato discordante erosivo sobre a Formação Serra Geral em sua área de exposição e sobre os depósitos coluvionares ou da Formação Santo Inácio (RODRIGUES, 2007).

A Formação Rio Paraná ocorre em Pereira Barreto ao longo da margem direita do reservatório e é composta por arenitos marrom-avermelhados a arroxeados, de granulação fina a muito fina com composição quartzosa bem selecionada e com grãos arredondados (LEITE, 2005).

Nessa área predominam os Latossolos, distribuídos ao longo das vertentes, com perfis retilíneos e convexos (IPT, 1981a *apud* CAMPUS et al., 2007).

O comportamento geotécnico dos solos, que fazem parte da Formação Serra Geral, varia ao longo desta formação geológica, como observado na a região noroeste do Rio Grande do Sul, sendo estes solos formados, predominateente por argilominerais esmectíticos, cujos valores de ângulo de atrito residual variaram entre 5° a 10°. (RIGO, 2004).

5.2 Caracterização geoambiental do Córrego das Cruzes

O Córrego das Cruzes é classificado de acordo com Strahler (1964), como sendo de segunda ordem, cujo vale fluvial apresenta-se com declividades variando de plano à forte ondulado, que espacialmente, está inserido em uma feição geomorfológica do tipo mares de morros, formado por sedimentos inconsolidados de um segmento da Bacia do Paraná.

Com relação à fração sedimentológica dos materiais geológicos, o Córrego das Cruzes é formado, predominantemente, por materiais arenosos, variando de fina a média, com variações distintas de silte e argila.

Embora o segmento em questão faça parte da bacia do Paraná, cuja bacia sofreu eventos tectônicos, feições geradas por tectonismo, como por exemplo, *slickensides*, não foram observadas, já que inicialmente pensou-se haver influência deste processo na área de estudo, por conta do lineamento estrutural das vertentes, com sentido NW-SW, apesar do mergulho das camadas geológicas seguirem discordantes, em relação ao sentido da drenagem, dando indicativo de atividade tectônica.

No entanto, a drenagem em questão, em escala regional apresenta lineamento estrutural de sentido NW-SW, cuja forma tende a ser de um meandro encaixado, que se prolonga de forma subsequente as camadas geológicas (orientação N-S).

Nestas modificações de caráter paleoclimático, que deram origem aos depósitos arenosos com afinamento dos materiais geológicos (*fining upward*), como comentado por Silva (2003), foram observados na área do Córrego das Cruzes, incluindo uma camada contendo seixos sub-angulosos e sub-arredondados, com espessura variando entre 15 a 50cm, aflorando em ambos os lados das margens do córrego em questão.

O que corroboraria com a idéia de mudança paleoambiental e climática; além desta camada que teria sido criada em evento de tempestade, já que o formato dos seixos e cascalhos presentes neste acamamento não foram retrabalhados, com característica de seixos fluviais, e sim transportados ao longo da rampa, já que o curso d'água em foco, cortou uma porção desta camada, em um nível de lâmina d'água bem diferente do atual, por conta da inclinação do terreno.

Estes sedimentos ocorrem de forma estratificada, cujo mergulho não acompanha o sentido do terreno, sendo que, o próprio rio segue um caminho variado, ora o mergulho topográfico, ora não, fortemente observado em dois trechos com contato litológico formado por arenito alterado, contendo materiais geológico ferrosos e no outro segmento, arenito rico em micas, levemente alterado (ver figuras 13 e 14).

Do ponto de vista geotécnico, a área sofre com problemas relacionados à produção e acúmulo de sedimentos, oriundos da remobilização dos materiais geológicos expostos à ação intempérica, induzido pelo uso e ocupação da área de estudo, como observado *in-situ*, pela compactação do solo feita pelo pisoteio do gado ao solo, ao ponto de criar trilhas, facilitando assim, o escoamento das águas pluviais encosta abaixo, posto que estas trilhas ocorrem entre as vertentes em direção ao canal fluvial, como se observa na figura 11, contendo a distribuição espacial destes problemas ao longo da área do córrego.

Vale salientar que feições erosivas foram observadas ao longo da área de estudo, na forma de erosão linear, ravinamento das vertentes e voçoroca (ver figuras 15 e 16).

Neste espaço degradado, observou-se que a inexistência de mata ciliar, por conta do uso predatório do local, no qual algumas árvores (10 unidades dispersas) foram levantadas, embora não tenha sido feito o registro das mesmas, por conta da escala cartográfica, já que as mesmas seriam representadas como pontos, nas escalas de adotadas (ver figuras 17 e 18).

Figura 11 – Feição erosiva do tipo ravina, na margem esquerda do Córrego das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

Alteração do uso, também foi constatada já que até o primeiro semestre de 2011, a área era usada para pastagem livre, com aproximadamente 20.000 bois, onde estes animais utilizavam o Córrego das Cruzes para tomar água (ver fig. 12), e atualmente os mesmos foram transportados para outras fazendas da região.

Figura 12 - Uso da área para pastagem em janeiro de 2011 (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

Figura 13 - Carta geológica do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP).

Figura 14 - Planta geológica do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP): Folhas 1, 2, 3 e 4.

Figura 15 - Carta dos materiais geológicos do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP).

Figura 16 - Planta dos materiais geológicos do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP): Folhas 1, 2, 3 e 4.

Figura 17 - Planta dos problemas geotécnicos do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP), Folhas 1, 2, 3 e 4.

Figura 18 - Carta dos problemas geotécnicos do Córrego das Cruzes (Santo Antônio do Aracanguá, SP).

6. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento da presente tese, optou-se em empregar o método sistêmico, já que os dados levantados e trabalhados aqui, compõem um conjunto de informações que dialogam entre si, como observado na figura 19.

Figura 19 – Componentes do sistema de avaliação proposto.

A interação entre as variáveis deste sistema, embora não seja totalmente fechada, pode interferir no fluxo de matéria e energia, promovendo a degradação ambiental.

Por conta disto, empregou-se técnicas distintas durante a fase de coleta e tratamento das informações.

Como a morfologia da área de estudo e a escala de observação adotada não dificultavam o uso, por exemplo, de imagem de satélite, optou-se em elaborar o mapa básico, partindo dos dados oriundos de um levantamento topográfico e topobatimétrico distinto, de modo a ter a representação do relevo em questão, em uma escala que permitisse a documentação gráfica na forma de mapa, que a partir da sua materialização em meio digital, foi usado na elaboração dos mapas temáticos.

Apesar da realização da topografia no encontro entre o córrego em questão com o ribeirão de mesmo nome, optou-se em não juntar as bases levantadas por questões operacionais, embora os dados coletados no ribeirão tenha sido usado nos parâmetros morfométricos.

Para a elaboração do levantamento plani-altimétrico e topobatimétrico, empregou-se a Estação Total Leica, modelo TCR4007 e prismas ópticos pertencentes ao núcleo de hidrometria, cujo levantamento foi realizado durante os anos de 2010 (janeiro) e 2011 (janeiro e julho), totalizando em 11 dias de atividades realizadas em campo.

Este equipamento é empregado para medição de ângulos e distâncias, em feições existentes no terreno, que em seguida podem ser usados na delimitação de áreas, transportes de coordenadas de um ponto conhecido para outros previamente definidos.

6.1 Levantamento Topográfico e Topobatimétrico por Estação Total

Um dos equipamentos usados na coleta de dados sobre a variação altimétrica de uma determinada porção da superfície (natural e construída) é feito por Estação Total.

Este equipamento permite medir ângulos e distâncias entre a base/estação de referência (equipamento devidamente posicionado sobre uma estação, onde é feita a leitura entre ela e os pontos intervisíveis que se quer representar) e o prisma ótico (o laser emitido pela estação total é refletido de volta entre o prisma e a estação total, onde este prisma deve estar devidamente posicionado no local que se quer coletar a informação).

Vale salientar que o levantamento topográfico ocorreu além do espaço definido como faixa marginal, visando ter uma representação cartográfica do relevo da área de estudo.

Os equipamentos citados acima foram usados, simultaneamente, no levantamento da profundidade do córrego em questão, devido à baixa profundidade encontrada ao longo de sua área, exceto em sua desembocadura com o ribeirão de

mesmo nome, cuja profundidade não permitiu o uso da estação total, adotando-se em seguida, um levantamento ecobatimétrico na desembocadura à partir de duas seções ecobatimétricas (ver tópico 6.2).

Em ambas as técnicas, foram adotadas as recomendações fornecidas pela NBR 13.133 (1994).

No caso da topografia, a técnica adotada teve como base o nivelamento geométrico com mudança de estações, onde marcos topográficos em madeira foram materializados/fixados ao longo da área de estudo de forma intervisível, de modo a permitir leituras de ré e (a)vante entre as estações de controle e de vante entre estas estações e os pontos de medição, quando ocorria alteração na topografia ou não fosse possível observar o local.

Os equipamentos utilizados, pertencentes ao Núcleo de Hidrometria do CRHEA da EESC/USP, foram (ver também a figura 20):

- Estação total Leica: TCR4007, N° de Série: 748888;
- Receptor de GPS: Leica GS-20, N° de Série: 11677;
- Antena do Receptor de GPS: LANDSTAR MK4, N° de série: 4637.

Figura 20 - Equipamentos utilizados no levantamento plani-altimétrico da área de estudo: a = Estação total; b=prisma óptico e tripé (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

Estas informações, após seus respectivos tratamentos, foram usadas na elaboração dos mapas, básico e temáticos, do *locus* de estudo.

6.2 Levantamento ecobatimétrico

Não obstante exista uma certa diversidade instrumental que permita medir a morfologia subaquática dos diferentes ambientes inundados, como por Sensoriamento remoto à laser (THOMA; GUPTA; BAUER, 2001; MILAN; HERITAGE; HETHERINGTON, 2007, HILLDALE & RAFF, 2008), técnicas geofísicas por GPR e Sísmica (SOUZA, 2006), por imagem de satélite e ecobatimetria (KRUEGER, 1999; MOYLES et al., 2011), adotou-se por meio de ecobatímetro (método geofísico).

Em campo, uso-se o ecobatímetro BATHY 500-MF da Ocean Data cujas coordenadas foram coletadas por um DGPS, modelo GS20 Professional Data Mapper, da Leica Geosystems, acoplado ao ecobatímetro citado, ambos, pertencentes ao Núcleo de Hidrometria do PPG-SEA/USP (fig. 21).

Figura 21 – Preparação dos equipamentos utilizado no levantamento ecobatimétrico no contato córrego/ribeirão das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

Para tanto, foram feitas duas seções entre dois pontos distintos, entre as margens do Córrego das Cruzes, sendo uma a leste e outra a oeste, como se observa na figura 22.

A profundidade do local foi calculada, tendo como base à amarração dos dados topográficos com as seções topobatimétricas, de modo a se definir a cota do terreno em relação aos demais pontos/estações topográficas, permitindo-se assim, uma continuidade do terreno na porção seca e inundada.

Os dados numéricos provenientes deste levantamento encontram-se detalhados no apêndice 2, incluindo ainda as referências (espaciais) da localização da informação.

Com relação à coleta das coordenadas espaciais, a mesma foi feita por receptor de GNSS e antena do sistema de navegação GPS pela técnica “stop and go”, cujo sistema de coordenadas adotado foi o geográfico e Datum WGS 84.

Devido ao aumento da profundidade no contato entre o córrego e o ribeirão de mesmo nome, foi necessário modificar a técnica para o levantamento da forma do vale fluvial na citada desembocadura, de modo a se obter o registo contínuo da forma do relevo e seu registro cartográfico, sendo necessário o emprego de ecobatimetria.

Salienta-se que o ecobatímetro coleta três medições, simultâneas, em ângulos distintos, e a atribuição da profundidade é feita pela média destas medidas.

Figura 22 - Distribuição espacial das seções topobatimétricas (Fonte: Google Earth, 2012).

Legenda: linha vermelha = sentido 1-1'; linha azul 2-2'.

6.4 Representação das curvas de nível e das isópatas

Após a realização dos levantamentos topográfico e topobatimétrico na área de estudo, necessitou-se integrar tais geo-dados, oriundos de fontes distintas.

Para integrá-los, os mesmos foram inseridos no software Surfer 32 (fig. 23), incluindo ainda suas respectivas coordenadas espaciais e suas cotas.

Após os dados terem sido lançados neste software, escolheu-se o método de interpolação chamado de mínima curvatura (Minimum Curvature) pois foi o método numérico que melhor apresentou a configuração morfológica do terreno, inclusiva na porção subaquática de maior profundidade.

Em seguida, os dados foram interpolados na forma de isovalores (isóbatas e cotas), seguido do Modelo Digital de Elevação.

Figura 23 - Software utilizado na elaboração das curvas de nível (Surfer 6.04).

6.5 Medição de Vazão por Molinete

A determinação da vazão do córrego foi feita com uso de molinete. Este instrumento conta o número de voltas durante um intervalo de tempo fixo, neste caso, um minuto, obtendo-se assim uma relação entre a velocidade do fluxo e a rotação desta hélice, como mostra a fórmula de nº 1 (CHEVALLIER, 2003).

Equação 1 - Cálculo de vazão por molinete (CHEVALLIER, 2003).

$$V = aN + b \quad (1)$$

onde V = velocidade do fluxo; N = velocidade de rotação; e a e b são constantes características da hélice e fornecidas pelo fabricante do equipamento ou determinadas por calibração.

Esta contagem é feita devido à presença de uma hélice em uma de suas extremidades (fig. 24), quando ao entrar em contato com a água em movimento, no sentido do fluxo da água, faz a hélice girar (SOUZA PINTO & HOLTZ, 1976).

Figura 24 - Molinete usado na medição de vazão (Autor: André Aukar Britschgy de Camargo).

Para isto, foram adotados os seguintes procedimentos em campo: 1) compartimentação da seção da drenagem em um certo número de posições para levantamento do perfil de velocidades; 2) levantamento do perfil de velocidades; cálculo da velocidade média de cada perfil, e; 3) determinação da vazão pelo

somatório do produto de cada velocidade média por sua área de influência (STUDART, 2003), cujos dados foram calculados no software Exce.

6.6 Caracterização morfológica dos depósitos consolidados e inconsolidados

Foram coletadas amostras deformadas das vertentes localizadas no entorno da drenagem relacionados aos materiais superficiais, a cerca de 10 a 20 cm de profundidade, em relação à superfície, em locais correspondentes ao vale fluvial encaixado (margens esquada e direita) e a “faixa marginal”.

Estes materiais foram armazenados em sacos plásticos e destinados ao laboratório de hidrossedimentologia do Núcleo de Hidrometria do PPG-SEA, para análise de suas propriedades físicas e morfológicas.

Os procedimentos laboratoriais foram feitos segundo o Manual de Descrição e Coleta de Solo no Campo, realizado pela SBCS (1982), cujas variáveis levantadas foram sintetizadas na tabela 23.

Tabela 23 - Propriedades morfológicas dos materiais pedológicos das vertentes (SBCS, 1982).

Parâmetros	Procedimentos
Cor (seca e úmida)	Carta de Munssel (IBGE, 2007)
Textura	Táctil-visual (IBGE, 2007)
Estrutura	Táctil-visual (IBGE, 2007)
Porosidade	Táctil-visual (IBGE, 2007)
Consistência	Táctil-visual (IBGE, 2007)
Granulometria	NBR 5734 (1989) & NBR 7181 (1984)
Matéria orgânica	TRINDADE (1980)

Vale resaltar que o uso dessas propriedades é corrente em levantamento de solos, embora este tipo de estudo não tenha sido realizado na área de estudo devido à natureza dos “solos” do local investigado, pois os mesmos não foram formados pela ação intempérica sobre rocha pré-existente, já que são depósitos sedimentares pedogenizados.

6.7 Caracterização granulométrica e textural da área de estudo

Foram coletadas 32 amostras deformadas ao longo da área de estudo para caracterização granulométrica e textural, após isso, tais materiais foram embalados em sacos plásticos e destinados aos laboratórios de Hidrossedimentologia, do Núcleo de Hidrometria e de Mecânica dos Solos, do Departamento de Geotecnia (EESC-USP).

Com relação à coleta, adotou-se o espaçamento diferencial entre elas, de modo a representá-las cartograficamente na técnica de Detalhamento Progressivo, cujo procedimento computacional encontra-se no tópico 6.11.

Quanto aos procedimentos laboratoriais relacionados à execução da granulometria, os mesmos foram feitos segundo as normas técnicas NBR 5734 (1989) e NBR 7181 (1984):

- Estas amostras foram postas para secar em estufa (TFSE) por 24h a temperatura de 105°C e em seguida foram postas para secarem no dissecador;
- As amostras foram pesadas e em seguida foram postas no agitador mecânico por 15h, onde as peneiras estavam distribuídas grano-decrescentes;
- Pesou-se o conteúdo retido no interior de cada peneira, e;
- Traçou-se a curva granulométrica das amostras.

Vale salientar que devido a baixa concentração de argila retida, cuja participação foi muito baixa, optou-se em não realizar a granulometria desta fração, já que a fração areia e suas variações predominaram neste ensaio.

6.8 Teor de matéria orgânica

Com base nas 32 amostras comentadas no tópico 6.7, definiu-se o percentual de matéria orgânica de cada amostra, desde aquelas que se encontravam no interior do canal do Córrego das Cruzes quanto em suas margens (direita e esquerda). Após o transporte das mesmas para as dependências do Núcleo de Hidrometria (EESCP/USP/PPG-SEA), foram realizados os seguintes procedimentos laboratoriais

com base em Trindade (1980), a fim de definir a quantidade de matéria orgânica dos 6 “solos” da área de estudo (ver figura 25 e 27).

Figura 25 - Equipamentos utilizados na definição da quantidade de materia orgânica dos solos (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

A distribuição espacial dos pontos de coleta pode ser visualizada na figura 26.

Figura 26 - Localização dos pontos de amostragem do teor de matéria orgânica dos materiais geológicos da área de estudo (Fonte: Google Earth, 2012).

Sendo assim, foram realizados as seguintes atividades laboratoriais:

- Colocou-se os cadinhos na mufla a 500°C por 1 hora, a fim de calcinar);
- Espera do resfriamento dos cadinhos, seguido de pesagem dos mesmos;
- Anotação dos pesos do cadinho após a mufla (peso 0);
- Colocou-se 5g do material coletado em campo por amostra, em cada cadinhos, seguido de secagem em estufa a 103°C por 24h;

- Espera do resfriamento das amostras, em dissecador, seguido de nova pesagem, cujo valor corresponde ao peso 1;
- Colocou-se os mesmos cadinhos com as amostras no interior da mufla, à temperatura de 550°C por 1 hora;
- Após este tempo, a espera do resfriamento das mesmas no dissecador foi seguida das respectivas pesagens (peso 2).

6.9 Sólidos em Suspensos Totais

Para definir o percentual de sólidos em suspensão, coletou-se 500ml de água por amostra, em duplicatas, totalizando 30 amostras (ver figura 27), onde as mesmas foram captadas ao longo da drenagem, desde a nascente até a desembocadura.

A coleta foi realizada em duas campanhas distintas, sendo uma no período chuvoso (janeiro) e outro na estiagem (julho).

Após a coleta, estes materiais foram transportados e armazenados no laboratório de hidrossedimentologia do Núcleo de Hidrometria (PPG-SEA) para definição do teor de sólidos em suspensão total pela técnica de filtração (foram usados Microfiltros de fibra de vidro com diâmetro de 47mm).

Figura 27 - Coleta de amostra em duplicata para definição do teor de sólidos em suspensão (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

No entanto, devido à baixa profundidade e a largura do leito menor ser pequena, optou-se em coletar no centro do canal, por se apresentar mais profundidade, em relação ao restante da drenagem (valor máximo encontrado foi inferior a 30cm de lâmina d'água, em uma área onde aflora um arenito fino, com presença de mica), desconsiderando os locais, cuja profundidade observada era inferior a 10cm.

Para tanto, foram realizados os seguintes procedimentos laboratoriais:

- Os Microfiltros de fibra de vidro usados no processo de filtração foram levados à mufla para serem calcinados, permanecendo em seu interior por 1 hora após atingir a temperatura de 500C°;
- Após este período, os mesmos foram retirados para resfriarem, onde em seguida, pesou-se tais filtros a fim de definir o peso inicial (Peso 0);
- Após o resfriamento destes filtros, os mesmos foram pesados (P0) em balança de precisão;

- Em seguida, estes filtros foram acoplados a um filtro, onde cada amostra foi filtrada separadamente e cujo volume de água por garafa foi anotado;
- O material retido por filtro foi levado à estufa, a 105°C por 24 horas e após este prazo, seguido de seu resfriamento, pós estufa, foi pesado (Peso 1), como mostra a figura 26;
- Concluída a pesagem anterior, cada filtro foi destinado à mufla, a temperatura de 550°C por 1 hora e posteriormente, pesou-se a amostra (peso 2).

Ao final, calculou-se o peso total da amostra (agregados+matéria orgânica) e o teor de matéria orgânica (peso total – peso dos agregados).

Figura 28 - Equipamento utilizado no processo de filtragem das amostras de campo (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

6.10 Medição de infiltração do solo

A medição da infiltração de água no solo foi utilizado em campo através de um infiltrômetro, conforme modelo sugerido por GUERRA (2001), o qual consiste em um tubo de PVC de 15cm de altura por 10cm de diâmetro (com uma régua graduada na parte interna do cano) onde os 5cm iniciais do mesmo é introduzido no interior do solo e preenchido com água e mediu-se o tempo de rebaixamento da água no interior do infiltrômetro (ver fig. 29).

Foram marcadas suas respectivas profundidades nos seguintes tempos: 30 segundos do início do ensaio com tubo preenchido por água; 1 minuto; 1.30 minutos e 2 minutos e em seguida a cada um minuto, totalizando em 30 minutos de execução (GUERRA, 2001).

Vale ressaltar que a cada vez que a profundidade atinge a marca de 5cm na régua do infiltrômetro, marca-se o tempo que isso aconteceu e completa-se o tubo com água e continue marcando a profundidade a cada minuto e o cálculo do volume de água é feito pela fórmula $\pi R^2 \times h$ onde R = Raio do tubo de PVC e h = altura de água infiltrada durante o experimento, a cada tempo.

Figura 29 - Modelo de infiltrômetro usado na área de estudo (adaptado de GUERRA, 2001).

Para isto, foram realizados nove ensaios de infiltração, em pontos distintos da área de estudo, onde os valores obtidos foram usados, também, no sistema de avaliação em proposição;

6.11 Mapeamento Geológico-geotécnico por Detalhamento Progressivo

A representação cartográfica da área de estudo e dos elementos geológicos levantados foram representados segundo a norma técnica NBR 13441 (1995).

Estes documentos representam feições, elementos, informações oriundas de um determinado segmento da superfície da terra, por exemplo, cujos dados distribuem-se latitudinalmente e longitudinalmente.

Devido à morfologia da área de estudo, cujo espaço dificulta à representação cartográfica, já que é um local, predominantemente estreito, em relação ao seu comprimento, optou-se pela técnica de detalhamento progressivo.

De acordo com Cerri et al. (1996) *apud* Zaine (2000) este “método” consiste na adoção de diferentes escalas de abordagens para a elaboração de documento cartográfico, a partir de três etapas distintas, que segundo o citado autor, consiste em: 1) etapa geral (detalhamento feito do geral para o específico); 2) etapa intermediária (detalhamento na caracterização do meio físico, além da identificação de problemas geológico-geotécnicos eventuais), e; 3) etapa de detalhamento (a partir da identificação dos problemas de natureza geológica levantados na fase anterior, são selecionados os locais para estudos mais específicos, podendo envolver na confecção de documentos cartográficos de detalhe).

A aplicação desta técnica, por exemplo, foi feita por Cerri et al. (1996) e por Zaine (2000), em escala de representação variada, sendo isto de suma importância, já que a largura do riacho em ênfase neste trabalho é desproporcional ao comprimento do mesmo.

Neste intuito, foram identificados e registrados os contatos litológicos ao longo da área de investigação, seguido de coleta de amostras para análise laboratorial dos sedimentos provenientes das margens e do interior da drenagem e cujas coordenadas espaciais foram obtidas por meio de GPS de mão, no método “stop and go”, como comentado nos tópicos 6.5 a 6.10.

Após a elaboração do mapa topográfico, seguido dos dados geológicos, compartimentou-se a área de estudo em sete seções distintas, a fim de executar um mapeamento de detalhe, na escala 1: 1.000 condizentes, também com o espaço

amostrado usado na aplicação das técnicas: Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1987) e do sistema de avaliação geoambiental em questão.

Estes documentos cartográficos foram realizados no software AutoCad Map 2012 Educational Version e interpolação da curva de isovalores (método mínima curvatura), no software Surfer 6.04 (ver tópico 6.4).

Vale salientar que os procedimentos para análise dos materiais geológicos foram feitos segundo as normas técnicas NBR 6502 (1995) e NBR 7181 (1984).

7. AVALIAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO POR TÉCNICAS DISTINTAS

7.1 Abordagem geológico-geotécnica de avaliação ambiental em ambiente fluvial

Visando investigar o “locus” de estudo sob técnicas distintas, decidiu-se em dividir este objetivo, cujas variáveis de caráter geológico-geotécnicas foram aglutinadas no mesmo tópico, a fim de facilitar a interpretação durante à análise dos resultados, como segue os subtópicos de 7.1.1 a 7.4.

7.1.1 Caracterização geológica

Ao avaliar os materiais geológicos coletados no interior da área de estudo, percebeu-se que se trata de um ambiente com elevada concentração da fração areia com espessura variada (de 30cm à 1m), cujas camadas geológicas mergulham discordantemente, em relação ao sentido de mergulho da drenagem.

Nas camadas mais profundas (base) da área que corresponde ao leito menor e maior do Córrego das Cruzes, observou-se a presença de dois afloramentos rochosos bem distintos: 1) arenitos rico em quartzo e óxidos de ferros, na forma de incrustações, e; 2) arenito micácio de cor acinzantada, como visto anteriormente no mapa 1.

Por volta do final da primeira década do século XXI, o local em abordagem já teve dois pequenos reservatórios, que se romperam devido à grande volume de chuva, conforme comentado por um dos trabalhadores da Fazenda Santa Amélia.

Ao analisar os locais onde existiam dois antigos reservatórios, percebeu-se que nestas localidades o desnível é de aproximadamente 3m de altura entre o topo a base das margens, cujas paredes do vale encaixado tinham inclinação variando de 15° a 70° (margem direita) e de 40° a 79° (margem esquerda), em um local rico em sedimentos areno-siltosos de coloração cinza, com presença de argila, como se observa na figura 30.

Figura 30 - Localização do antigo reservatório que se rompeu no interior do Córrego das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

Nestas localidades, foram observadas fortes feições erosivas, provavelmente em decorrência da ruptura destas barragens, mas a lâmina d'água oriunda da massa aquosa barrada, ao ter seu núcleo rompido, provavelmente, contribuiu para a aceleração degradacionais destes pontos, como observado na figura 31.

No segundo reservatório, percebeu-se que no citado local, a base do canal apresenta um desnível, em relação às suas margens, superiores a 45° de inclinação, em processo de degradação em função do pisoteio do gado à época, embora esta atividade econômica (pecuária) tenha sido transferida para outras fazendas da região.

Foi constatado ainda a ocorrência de um afloramento arenítico rico em micas, que ocorre no interior do terreno, estando o mesmo alterado (solo residual jovem).

Nesta localidade, o gado usava a área para ter acesso à lâmina d'água, que neste deslocamento, foram observados “in situ”, feições lineares, solapamento basal, bem como, solifluxão de parte das vertentes.

As condições topográficas e geológico-geotécnicas favoreceram a degradação do terreno, por serem além pobres em matéria orgânica, apresentam variação de permeabilidade dos solos (permeável na desembocadura e impermeável em alguns segmentos usados como rota pelo gado).

Figura 31 – Vista do segundo reservatório que se rompeu ao longo do Córrego das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

7.1.2 Caracterização pedológica

Apesar dos materiais geológicos da área de estudo terem sido formados pela consolidação de materiais disponibilizados, os mesmos não poderiam ser denominados de solos, posto que estes são formados pela decomposição/alteração de uma rocha pré-existente em solos.

Mesmo assim, adotou-se o uso das propriedades físicas e morfológicas dos solos, na avaliação pedológica destes depósitos, conforme apresentado nos tópicos 4.3, 6.6, 6.7 e 6.8.

Após a coleta de campo dos diferentes materiais geológicos, conforme procedimentos comentados anteriormente (ver tópico 6.6), onde foram levantadas diferentes propriedades morfológicas dos solos, em seus diferentes estados físicos (seca, úmida e molhada), quando assim requerido pela investigação citada, chegou-se a um ao seguinte resultado (ver tabela 24):

- A tonalidade de cores das amostras de campo, tanto estando secos quanto umedecidos variam entre si, embora tenham apresentado uma certa gradação indicando um paleoambiente tendendo ao clima com variação de temperatura e umidade ao longo do tempo.
- A textura do solo é predominantemente arenosa, apesar das amostras 7, 14, 15, 16, 20, 21 e 35 foram classificadas como areno-argilosas, apesar de que a amostra 35 ter em seu interior materiais de fração mais grosseira, como seixos e cascalhos com faces sub-angulares, onde foi coletada em um segmento do cana encaixado no interior de uma rocha sedimentar rica em quartzo e presença de material micáceo, que apresenta coerência (resistência ao golpeamento do martelo geológico) do tipo C2 (coerente).
- Por outro lado, os materiais com textura areno-siltosos foram observados nas amostras 11, 23, 24 e 25, ao passo que as silto-argilosa foram detectados nas amostras 31, 32, 33 e 34.
- Com relação à estrutura, observou-se que a mesma variou ao longo da área de estudo, com relação à sua forma e ao tamanho, como observado na tabela 24.

Como é possível observar, a forma da estrutura não corroborou com a testura do solo, indicando que o pisoteio do gado alterou a estrutura do solo.

– Devido à predominância da fração arenosa, estes materiais não apresentaram consistência plástica, embora nas proximidades da desembocadura, os materiais contendo silte e argila tenham ocorrido com presença da fração argila, provavelmente são oriundo de outras porções limítrofes da Ribeirão das Cruzes.

– Estes materiais apresentam em sua constituição forte presença de conteúdo na fração areia, variando de muito fina a grossa, embora silte e argila ocorrem de forma inexpressiva, incluindo ainda, seixos e cascalhos, conforme exposto no apêndice 3.

Tabela 24 - Variação das propriedades morfológicas dos diferentes materiais geológicos da área de estudo.

N° amostra	Cor		Textura	Estrutura	Porosidade	Consistência		
	Seca	Úmida				Seca	Úmida	Molhada
1	Bruno muito claro-acinzentado	Bruno-amarelado	Arenosa	Sem estrutura	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
2	Amarelo-brunado	Bruno-acinzentado	Arenosa	Bloco subangular de tamanho variado	Pequena	Pouco a muito duro	Macia	Não plástica
3	Amarelo-avermelhado	Cinzento-escuro	Arenosa	Bloco subangular	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
4	Bruno-avermelhado	Bruno-avermelhado	Arenosa	Bloco subangular de tamanho variado	Muito pequena	Solta	Solta	Não plástica
5	Amarelo-avermelhado	Bruno	Arenosa	Bloco subangular de tamanho variado	Pequena	Macia	Solta	Não plástica
6	Cinzento-claro	Bruno-claro	Arenosa	Bloco subangular de tamanho variado	Muito pequena a pequena	Solta a Macia	Solta	Não plástica
7	Amarelo-claro-acinzentado	Vermelho-claro-acinzentado	Areno-argilosa	Bloco subangular de tamanho variado	Muito pequena a pequena	Macia a ligeiramente Dura	Muito friável	Ligeiramente plástica
8	Bruno-claro	Bruno-acinzentado	Arenosa	Sem estrutura	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
9	Bruno-amarelado-claro	Bruno-amarelado	Arenosa	Bloco subangular	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
10	Cinzento-claro	Cinzento-claro	Arenosa	Prismático	Pequena	Dura	Macia	Não plástica
11	Bruno-avermelhado-claro	Bruno-amarelado	Areno-siltosa	Bloco subangular de tamanho variado	Pequena	Macia	Muito friável	Não pegajosa

Continuação da tabela 24.

N° amostra	Cor		Textura	Estrutura	Porosidade	Consistência		
	Seca	Úmida				Seca	Úmida	Molhada
12	Cinzentos-avermelhado	Cinzentos	Arenosa	Bloco subangular de tamanho variado	Muito Pequena	Pouco dura	Macia	Não plástica
13	Bruno-claro-acinzentado	Bruno-acinzentado	Arenosa	Bloco subangular de tamanho pequeno	Pequena	Pouco dura-muito dura	Macia	Não plástica
14	Cinzentos-brunado-claro	Cinzentos	Areno-argilosa	Laminar Maciça	Muito Pequena	Muito dura	Dura	Pouco plastica
15	Bruno-claro-acinzentado	Bruno	Areno-argilosa	Colunar de tamanho variado	Muito Pequena	Muito dura	Dura	Plastica
16	Bruno-claro	Vermelho-escuro	Areno-argilosa	Laminar de tamanho variado	Pequena a Media	Ligeiramente dura	Solta	Não plástica
17	Bruno muito claro-acinzentado	Bruno-amarelado-escuro	Arenosa	Sem estrutura	Muito Pequena	Macia	Macia	Não plástica
18	Bruno-amarelado-escuro	Bruno-avermelhado-claro	Arenosa	Granular Pequeno	Pequena	Solta	Solta	Não plástica
19	Branco	Cinzentos-brunado-claro	Arenosa	Colunar	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
20	Bruno muito claro-acinzentado	Bruno-amarelado-escuro	Areno-argilosa	Laminar de tamanho variado	Pequena	Ligeiramente dura	Macia	Não plástica
21	Bruno muito claro-acinzentado	Bruno-amarelado-escuro	Areno-argilosa	Laminar	Muito pequena	Ligeiramente dura	Macia	Não plástica

Continuação da tabela 24.

N° amostra	Cor		Textura	Estrutura	Porosidade	Consistência		
	Seca	Úmida				Seca	Úmida	Molhada
22	Amarelo-avermelhado	Bruno-amarelado	Arenosa	Bloco subangular	Muito pequena	Macia	Macia	Não plástica
23	Bruno-claro	Bruno-amarelado	Areno-siltosa	Sem estrutura	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
24	Bruno-claro	Bruno-amarelado	Areno-siltosa	Sem estrutura	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
25	Bruno-claro	Bruno	Areno-siltosa	Sem estrutura	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
26	Bruno muito claro-acinzentado	Bruno	Arenosa	Prismático	Pequena	Solta a Macia	Solta	Não plástica
27	Amarelo	Bruno	Arenosa	Granular	Muito pequena	Solta	Solta	Não plástica
28	Bruno-avermelhado	Bruno-avermelhado	Arenosa	Sem estrutura	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
29	Bruno-forte	Bruno-forte	Arenosa	Bloco subangular	Pequena	Macia a Pouca dura	Macia	Não plástica
30	Bruno-avermelhado	Bruno-avermelhado	Arenosa	Sem estrutura	Pequena	Macia	Macia	Não plástica
31	Bruno-amarelado-claro	Cinzento-brunado-claro	Areia silto-argilosa	Bloco subangular de tamanho variado	Pequena	Pouco dura	Plastica	Plastica

Continuação da tabela 24.

N° amostra	Cor		Textura	Estrutura	Porosidade	Consistência		
	Seca	Úmida				Seca	Úmida	Molhada
32	Bruno- avermelhado- escuro	Bruno	Areia silto- argilosa	Bloco subangular	Pequena	Plastica	Plastica	Plastica
33	Bruno- avermelhado- escuro	Bruno	Areia silto- argilosa	Bloco subangular	Pequena	Plastica	Plastica	Plastica
34	Bruno- avermelhado- escuro	Bruno	Areia silto- argilosa	Bloco subangular	Pequena	Plastica	Plastica	Plastica
35	Bruno- avermelhado- escuro	Bruno	Areno- argilosa c/blocos e seixos	Bloco subangular	Pequena	Macia	Macia	Não plástica

7.1.3 Caracterização geotécnicas dos sedimentos

A caracterização dos sedimentos foi feita a partir da técnica de pendearamento, onde as amostras foram coletadas tanto nas margens do Córrego das Cruzes quanto no interior do canal fluvial, em duplicata, conforme os procedimentos realizados e citados no tópico 6.9.

Apesar da avaliação dos materiais geológicos ter sido feita por meio das propriedades físicas e morfológicas dos solos, vistas no tópico 7.1.1, no caso em questão, foi feita pelo método de filtração, onde se obteve os seguintes resultados, conforme expostos na tabela 25.

Tabela 25 - Teor dos sólidos em suspensão da área de estudo.

Nº Amostra	SST (mg/l)	SSO (mg/l)	SSI (mg/l)
1	0,021	0,021	0,021
2	1,245	1,245	1,245
3	1,200	0,105	1,094
4	1,008	0,003	1,006
5	1,258	0,087	1,171
6	1,121	0,067	1,054
7	0,468	0,058	0,410
8	0,012	0,004	0,008
9	0,071	0,070	0,071
10	0,009	0,000	0,009
11	0,143	0,053	0,196
12	4,477	0,117	4,360
13	0,055	0,007	0,048
14	0,094	0,075	0,019
15	0,236	0,008	0,228

Como se observa na tabela 25, o maior valor observado quanto ao teor de sólidos em suspensão totais (SST) ocorreu apenas na amostra 12 correspondente à região próxima à manilha.

Este resultado, foi causado provavelmente pelo afinilamento (largura, altura e profundidade do canal), fazendo com que a vazão do canal fluísse em um espaço relativamente pequeno, cerca de uns 1000 m da desembocadura.

Este resultado vem confirmar a carência de matéria orgânica, o que torna os solos mais pobres e susceptíveis à erosão, no caso dos taludes que existem ao longo da drenagem.

7.1.4 Avaliação geotécnica da área de estudo

Com base nos ensaios de infiltração feitos em pontos distintos ao longo da área de estudo, cujos valores encontram-se detalhados no apêndice 4, podemos afirmar que:

Os furos de números 2 a 5 obtiveram os maiores resultados, onde “in-situ”, os mesmos foram reiniciados conforme sugere Guerra (2002), por apresentar material geológico de maior permeabilidade, embora o maior número de repetições do ensaio deu-se no furo 6 (3 vezes), seguido do furo 5 (2 vezes).

Ao observar a dinâmica do gado na área de estudo e comparar as informações com base em dados analisados “in situ”, constatou-se que quanto mais próximo da área de circulação do gado, menor é a permeabilidade, já que o rebanho circunda, predominantemente, entre próximas à nascente e nos locais com menores declividades, embora quando nestes locais apresentam-se na forma de rampas, mesmo com elevada inclinação, o rebanho pode usar este local no deslocamento do mesmo entre as margens da drenagem e o canal.

Estes ensaios foram realizados durante a quadra chuvosa, mas com ausência de precipitação pluviométrica durante a realização destes, nas porções próximas à planície de inundação, nas proximidades com o Ribeirão das Cruzes, devido à saturação de água de parte desta localidade, as amostras 1, 2 e 3 apresentaram resultados desfavoráveis (impermeáveis), como se observa no gráfico 1.

Gráfico 1- Variação do volume de infiltração ao longo da área de estudo.

De modo geral, as maiores permeabilidades foram encontradas no interior do canal, dentro das ilhas arenosas e barras arenosas, ao passo que as menores, nos locais onde o gado pastava (ver figura 31).

A figura 32 (a) mostra a porção do terreno no qual os menores resultados foram levantados, ao passo que na figura 32 (b), foi observado o melhor resultado de permeabilidade, devido ao índice de vazios e baixo nível de saturação.

(a)

(b)

Figura 32 - Locais utilizados na investigação da permeabilidade do solo (Auto: E. J. Albuquerque Sobrinho).

Com relação à distribuição granulométrica dos “solos” e demais depósitos inconsolidados, percebeu-se que a área de estudo é composta, predominantemente,

por materiais na fração areia, tendo também a variação do tamanho das partículas em decorrência de sua localização.

Neste caso, quanto mais próximas do local onde aflora uma camada de arenito de cor escura (rico em biotita) de coerência 3, maiores serão os fragmentos, no caso, com seixos e blocos subangulares, devido ao processo de abrasão entre o meio líquido e o fundo rochoso, composto por areia, silte e presença de argila.

Os fragmentos da rocha citada (figura 32-a) são fontes dos materiais de frações maiores ao longo do canal, onde os mesmos são transportados por rolamento; nas porções mais “profundas” do canal e quando nas áreas mais rasas fazem sucros nos sedimentos do leito deixando o rastro deste transporte “toolmark” (figura 33-b).

Figura 33 – Afloramento de arenito biotítico (a) e remobilização do fundo e transporte por rolamento do material mais grosseiro (b) (Auto: E. J. Albuquerque Sobrinho).

Tabela 26 - Distribuição granulométrica dos materiais geológicos da área de estudo.

Nº Amostra	Peneiras															Σ peso (g)
	2μ	200	100	50	30	16	10	4	1"	3/4	5/8	1/2	3/8	5/16	1/14	
1	14,24	26,58	65,07	27,41	14,82	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,24
2	11,09	37,26	86,31	13,06	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,32
3	4,06	98,74	98,75	13,76	1,72	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	217,33
4	4,29	27,50	67,75	21,90	12,65	6,06	11,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	152,11
5	4,57	23,76	98,36	19,29	0,00	0,61	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	146,75
6	17,71	33,00	74,22	20,84	2,63	0,52	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,99
7	21,10	33,10	58,18	21,15	8,48	5,92	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,05
8	4,31	18,31	96,98	27,74	5,56	0,43	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153,80
9	3,67	20,58	99,49	24,90	0,62	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,39
10	18,78	40,12	79,03	8,74	1,24	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,38
11	23,27	47,38	65,86	10,53	1,78	0,19	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,11
12	18,05	47,72	69,21	11,85	1,70	0,49	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,06
13	6,22	24,29	80,95	21,12	8,66	3,48	9,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,01
14	24,70	39,00	55,36	17,33	7,85	4,34	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,61
15	20,90	41,50	50,78	14,15	11,93	9,73	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,20
16	1,06	11,84	119,61	17,45	0,25	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,23
17	12,46	34,78	217,31	47,20	10,00	15,50	49,95	13,78	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	22,57	21,59	445,25
18	47,06	66,41	22,78	7,27	5,10	0,10	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,97
19	9,00	51,37	85,75	2,44	0,30	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,92
20	6,67	34,60	103,24	5,25	0,07	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,84
21	50,78	77,95	6,80	4,41	7,70	1,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,91
22	11,02	36,93	84,67	12,41	2,56	1,38	0,26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,23
23	3,65	30,86	101,28	13,17	0,37	0,17	0,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,82
24	3,56	38,15	94,66	12,67	0,30	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,40

Continuação da tabela 25.

Nº Amostr a	Peneiras															Σ peso (g)
	2μ	200	100	50	30	16	10	4	1"	3/4	5/8	1/2	3/8	5/16	1/14	
25	28,94	51,89	57,26	9,35	4,48	0,83	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153,68
26	7,27	38,27	97,83	9,56	1,27	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,24
27	5,41	28,87	97,38	19,98	2,58	0,06	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,32
28	23,09	30,82	32,11	7,34	14,96	7,95	7,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	123,69
29	27,53	37,45	47,82	9,22	13,61	8,52	9,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153,17
30	19,04	58,28	57,57	7,94	5,42	0,79	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,07
31	17,88	40,89	71,76	15,33	2,67	0,20	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,79
32	5,39	22,85	61,73	21,84	15,97	5,60	7,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140,81
33	6,13	21,09	54,73	21,84	13,92	7,14	7,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	164,58
34	9,00	26,03	61,73	11,62	21,11	5,16	7,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	176,45
35	5,39	22,85	57,14	21,87	20,06	6,09	3,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	171,83

7.2 Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1981; adaptado de CALLIXTO et al., 2002; XAVIER & TEIXEIRA, 2007)

Apesar de outros estudos de casos relacionados ao emprego do Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1981) tenha apresentado resultados favoráveis por outros autores, no presente estudo isso não ocorreu, já que as variáveis contidas nesta técnica é limitada por uma combinação de cenários avaliativos, talvez por causa do foco investigativo (ecológico).

A partir da aplicação de 24 formulários desta ferramenta de avaliação qualitativa dos ambientes fluviais, ao longo de segmentos da drenagem em questão, foram obtidos os seguintes resultados, como pode ser observado no gráfico 1:

A partir da observação do gráfico 1, percebe-se que a menor pontuação (28 pontos) ocorreu no protocolo de nº 7, ao passo que o maior valor foi observado no protocolo de nº 15 (impactados), cujo valor total foi de 64 pontos (naturais), e a média oriunda da pontuação de todos os locais amostrados foi de 42,46 pontos (muito alterados).

Embora a desembocadura contenha duas bocas, os valores observados são levemente distintos um do outro, onde o canal direito obteve o valor total de 39 pontos e o da esquerda 33, caracterizando-nas como sendo impactados, como se observa na figura 34.

Tanto a tabela 27, quanto o gráfico 2 contêm todos os dados compilados a partir da aplicação do comentado protocolo, cujo somatório variou entre os pontos, sendo que o menor valor observado ocorreu no ponto no ponto 8 (28 pontos) e máximo nos pontos 15 (64 pontos) e 22 (63 pontos).

Como percebe-se, a distribuição dos valores por protocolo não é homogênea, embora as variáveis propostas pelo protocolo aqui testado, não seja a melhor opção para avaliar o papel das questões ambientais na qualidade física dos rios, conforme visto, anteriormente, nas tabelas 19 a 22.

Figura 34 - Vista da desembocadura direita (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

Com relação à bifurcação que ocorre entre ambas as drenagens destinadas ao Ribeirão das Cruzes, tal porção do canal está sujeita à estiagem, onde a circulação hídrica nesta porção é interrompida pelo decréscimo na lâmina d'água não ser possível transpassar os depósitos sedimentares existente no interior da drenagem, na forma de “microtidals”, depósitos estratificados plano-paralelos, estratificação cruzadas da baixo ângulo, “ripple currents” e marcas de objetos, como se observa na figura 35.

Figura 35 - Estratificações formadas pela interação hidrodinâmicas nas proximidades da desembocadura do Córrego das Cruzes com o ribeirão de mesmo nome (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

Ao comparar todos os valores obtidos na área de estudo com os estabelecidos pelo Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1981), a média geral classificaria o corpo hídrico como sendo impactado, embora a distribuição por pontos de amostragem tenha apresentando valores discrepantes entre si, não condizentes com a realidade local, que à vezes segmentos são classificados como sendo naturais (pontos 16 e 23); porém, estando esses bem distantes do “natural”, posto que a área sofre com o uso abusivo de suas margens, que se reflete na dinâmica ambiental. Ocorrendo a modificação de uso, não amortece os impactos gerados e ampliados ao longo do tempo.

O protocolo aqui discutido classifica como sendo natural estes aspectos: quando se apresenta, pelo menos 50 m de vegetação natural ao redor do olho d'água das nascentes pontuais ou a partir do olho d'água principal em nascentes difusas; contendo vegetação ripária natural no trecho de 300 m a partir do olho d'água em ambas as margens; influência antrópica mínima ou ausente (EPA, 1981; adaptado de CALLIXTO et al., 2002; XAVIER & TEIXEIRA, 2007).

A partir da aplicação do protocolo, chegou-se aos valores correspondentes à pontuação total, pontuação média por questionário e desvio padrão, como se observa no gráfico 2.

Gráfico 2 - Valores referentes à média e desvio padrão dos Protocolo de Avaliação de Rápidos).

O estudo preliminar feito por Albuquerque Sobrinho et al. (2010) no Córrego das Cruzes, Lócus do objeto de estudo da presente tese, foi classificado como sendo impactado.

Os valores apresentados no gráfico 2 podem ser observados, detalhadamente, na tabela 27, incluindo a média e desvio padrão dos mesmos.

Tabela 27 - Distribuição geral da pontuação do Protocolo de Avaliação de Rápidos (EPA, 1981).

N° Protocolo	Pontuação aplicada					Σtotal	Média	Desvio Padrão
	0	2	3	4	5			
	Frequência de Pontuação							
1	7	9	3	3	0	39	1,77	1,41
2	9	10	0	2	1	33	1,50	1,50
3	7	8	1	3	3	46	2,09	1,80
4	9	7	1	4	1	38	1,73	1,70
5	9	5	1	6	1	42	1,91	1,82
6	8	8	2	4	0	38	1,73	1,52
7	11	9	0	0	2	28	1,27	1,55
8	12	4	1	3	2	33	1,50	1,87
9	10	3	1	5	3	44	2,00	2,05
10	11	6	0	3	2	34	1,55	1,82
11	6	8	4	4	0	44	2,00	1,45
12	10	9	1	0	5	31	1,41	1,56
13	8	2	2	6	5	54	2,45	2,06
14	9	8	1	2	2	37	1,68	1,70
15	6	3	0	7	6	64	2,91	2,04
16	10	4	0	6	2	42	1,91	1,97
17	10	4	2	5	1	39	1,77	1,82
18	7	5	0	7	3	53	2,41	1,94
19	8	3	3	7	1	48	2,18	1,84
20	10	4	1	5	2	41	1,86	1,93
21	9	6	0	5	2	42	1,91	1,87
22	5	3	3	7	4	63	2,86	1,83
23	9	5	4	4	0	38	1,72	1,61
24	8	5	3	5	1	44	2,00	1,75

Legenda: Σ total = somatório total da pontuação por protocolo.

7.3 Análise morfométrica da área de estudo

À partir dos dados coletados por meio da topografia, bem como, no registro cartográfico do terreno, foram obtidos os seguintes resultados (tabela 28):

Tabela 28 – Descrição dos parâmetros morfométricos da área de estudo.

Parâmetros morfométricos	Valor observado
Nº de ordem total (Σ^{Nu})	2ª ordem
Comprimento total (Σ^L)	3.743,00m
Taxa de bifurcação (Rb)	0,33
Área (km ²)	7,81
Frequencia de drenagem (Fs)	0,26
Razão textural (T)	0,0013
Relevo da bacia (Bh)	22,11m
Número robustez (Rn)	21,63
Relação de Relevo (Rr)	0,006
Densidade hidrográfica (Dh)	0,38km ²
Densidade de drenagem (Dd)	0,48
Densidade de rios (Dr)	0,26
Gradiente de canais (Gc)	5,91
Coeficiente de manutenção (Cm)	2083,33
Índice de rugosidade (Ir)	10.61
Índice de circularidade (Ic)	0,17
Fator de Forma (Kf)	2,09

A relação de bifurcação da drenagem em questão, apresentou-se inferior ao limite favorável (3 e 5), cujo valor foi de 0,33, classificando-o como desfavorável (STRAHLER, 1964 *apud* AGUIAR, 2009).

Estes dados sugerem que o corpo d'água em questão não é bem desenvolvido, posto que o mesmo se apresenta com hierarquia máxima de segunda ordem, em ambas as nascentes (primeira ordem) cujo comprimento máximo destas, são inferiores a 300m, predominando o canal principal, que se formou a partir da junção dos canais comentados, prolongando-se em direção ao Ribeirão de mesmo nome, intercalados entre seções retilíneas e meandantes.

Figura 36 - Vista da desembocadura direita (perene) ao fundo o Ribeirão das Cruzes (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

A figura 36 mostra a desembocadura da drenagem em questão com o córrego homônimo, cujo o segmento à esquerda, é intermitente, conforme registro fotográfico feito no período de estiagem, que corresponde aos meses de inverno do hemisfério sul.

Devido à composição geológica e geomorfológica local, este córrego apresenta uma variação de altura de 22m, entre a porção mais elevada e a mais baixa do terreno desta micro-bacia (ao se considerar todo o canal como sendo uma micro-bacia).

Embora estes parâmetros sejam usados na caracterização geomorfológica, sob o ponto de vista qualitativo, os mesmos não exprimem bem a relação entre estes dados e o estado atual de conservação, tornando esta ferramenta um tanto inadequada para a tarefa que esta tese se propõe.

O valor observado da frequência de drenagem ou densidade de segmentos da área de estudo foi de 0,26.

O fator de forma da bacia apresentou-se elevado (2,09), indicando uma tendência a diminuição de enchentes em seu interior, embora eventos extremos desta natureza tenham ocorridos no interior da drenagem, promovendo a ruptura de dois pequenos reservatórios existentes anteriormente na área de estudo.

O regime climático da região apresenta duas estações bem distintas, repercutindo na dinâmica hidrossedimentológica, em conjunto com o uso e ocupação local.

Contudo, os dados morfométricos não expressam tal questão, requerendo assim, uma complementação da geoinformação, com dados oriundo de fontes distintas.

Embora a densidade de drenagem da área de estudo apresentou o valor de 0,48 (Dd), indicando como sendo um local que apresenta uma permeabilidade elevada no local, tal fato não foi observado no presente momento, com excessão dos bancos de areia e encontram-se com maior frequência, desde a desembocadura até a distância de aproximadamente 2000m rio a dentro.

Talvez isto se deva ao uso que se fez (faz) da terra, pois até o início de 2011, o uso era voltado para pecuária de corte, cujo número de animais bovinos era de 20.000 unidades, a circulação dos mesmos pode ter alterado a permeabilidade do solo, embora o presente estudo não obteve dados anteriores ao uso do solo comentado.

Com relação à densidade de rios (Dr), o valor observado foi de 0,48, baseado na relação entre o número de segmentos da drenagem (2 segmentos) pela área, cujos dados implicam na capacidade que um determinado rio tem em gerar novos cursos d'água.

A relação entre o comprimento da bacia, no caso da drenagem em questão, com sua área (I_c), foi considerado como sendo de forma alargada, embora a porção mais larga encontra-se nas proximidades da desembocadura como o ribeirão homônimo, ao contrário do que comenta Christofolletti (1980), para valores inferiores a 1,00 e classificado como baixo, segundo os limites apresentados por Collares (2000).

8. PROPOSTA DE SISTEMA DE AVALIAÇÃO DE EROÇÃO FLUVIAL

Com base no levantamento preliminar feito sobre o tema degradação ambiental em cursos d'água e nas variáveis que influenciam no estado de degradação/conservação ambiental destes, percebeu-se o quanto é subjetivo o tema em questão.

Tal fato está associado a ausência de padronização das variáveis ligadas a esta questão, por se tratarem de estudos particulares, dificultando a comparação entre diferentes drenagem, pois dependendo do referencial teórico-metodológico adotado, resultados conflitantes podem ocorrer, o que se justifica para a proposição do tema da tese em questão, já que a degradação pode ser materializada na forma, por exemplo, de erosão das margens dos canais e assoreamento do canal.

Como as variáveis que regem à dinâmica ambiental são amplas, bem como, a percepção sobre seu estado de conservação, além das técnicas usadas nestas investigações, que variam entre si, onde as principais linhas de investigação podem ser ecológica, geomorfológica, geológico-geotécnica, ecotoxicológica, dentre outros.

Entretanto dependendo da localização espacial de uma determinada drenagem, os processos distintos vão atuar com maior ou menor energia, embora eventos catastróficos em escala local e regional (tsunami, terremotos, furacões, etc.) possam alterar a dinâmica fluvial (erosão e/ou assoreamento) e degradar ambientes tidos como naturais.

Estes eventos em áreas urbanizadas causam danos ainda maiores, por envolverem o maior número possível de pessoas, ceifando suas vidas e causando problemas sócio-econômicos e ambientais.

Pensando nestas considerações, decidiu-se elaborar um sistema que ajudasse a avaliar, de forma mais apropriada quanto possível, os problemas que assolam os rios, de modo a permitir uma análise relativamente detalhada, cujos dados pudessem ser usados no planejamento do uso do solo (planície fluvial) mais adequado a realidade local, como também, permitissem a comparação de segmentos dentro da área do próprio rio, embora não seja o objetivo desta tese.

Indiretamente, esta técnica poderia ser usada como ferramenta de cunho didático (educação ambiental) voltado à análise ambiental, tanto na escala de bacia quanto de drenagem, de disciplinas destinadas à educação ambiental, planejamento ambiental, geologia geral, geomorfologia fluvial, ciências do ambiente e em recursos hídricos.

Estas informações, após levantadas (campo, laboratório e gabinete) ajudariam em uma melhor utilização das drenagens, já que suas vulnerabilidades seriam expostas, contribuindo ainda no planejamento ambiental, observando as limitações físicas do espaço “natural” e construído.

Apesar desta ferramenta ter sido testada em um setor agrário do município de Santo Antônio do Aracanguá/SP, a mesma foi pensada para ser empregada sob diferentes tipos de uso e ocupação, como em áreas urbana e industriais.

Inicialmente, pensou-se em utilizar 74 parâmetros, mas a complexidade envolvida era tanta que dificultaria sua aplicação por outras pessoas.

Sendo assim, decidiu-se em reduzir o número de variáveis, para as que ocorrem com maior frequência na degradação dos rios.

Quanto ao público alvo desta ferramenta, a mesma foi pensado para ser utilizada para os profissionais de geociências, como geógrafos, geólogos, ecologistas, engenheiros ambientais e engenheiros de agrimensura, embora seja possível a aplicação por meio de equipe multi-disciplinar.

Este sistema foi compartimentado em grupos de parâmetros distintos: climático; geológico (solos e rochas); geomorfológico; hidráulico; pedológicos; ecológicos; uso e ocupação, totalizando 33 variáveis, cuja abordagem é multi-critério.

Embora tenha-se feito uma significativa redução no número de variáveis, esta ferramenta de cunho investigativo, é predominantemente qualitativa, embora parte das informações a serem preenchidas deve ser analisadas em laboratório, como no caso da granulometria, ou mesmo em campo (por exemplo, medição de vazão).

É sugerido um registro cartográficos dos dados analisados, de modo a entender a distribuição espacial quali-quantitativa dos geodados e um tratamento estatístico básico destas informações, onde o número de formulários preenchidos tem que ser representativo às condições de uma determinada área de estudo.

Com relação a pontuação, inicialmente pensou-se em adotar o método Delphi, com base na consulta aos especialistas relacionados e correlacionados com o tema em proposição, por se tratar de um poderoso instrumento de pesquisa (KAYO & SECURATO, 1997).

Apesar do aval positivo de participação de especialistas convidados, a fim de definirem as variáveis e seus respectivos pesos, nenhum deles enviou informações quanto a tais questões, onde devido ao tempo para testagem da ferramenta, bem como, tempo para desenvolvimento da tese, foi requerido adotar os pesos e variáveis.

Para isto, adotou-se uma escala inversa, onde quanto mais próximo de 1, mais próximo do estado de conservação denominado como natural (ausente de problemas causados pelo uso e ocupação, embora sob condições ambientais distintas, tais locais possam ser alterados, como por exemplo, eventos tempestuosos, em local com condições próprias à erosão, por exemplo), ao passo que, quanto mais próximo de 9, mais degradado é o local, como por exemplo, em áreas de uso misto (urbano/rural), com presença de infra-estruturas mal planejadas, sem conservação, ausente de práticas conservacionistas, cujas condições geoambientais sejam susceptíveis a erosão e aos demais problemas de natureza geotécnicas.

Para facilitar na compreensão da pontuação e seus respectivos limites, em cada grupo de parâmetros foi incluído uma tabela com limites de cada grupo, de modo a se definir quais grupos de variáveis tiveram maior participação no estado de conservação de um determinado corpo aquoso.

Com base nas variáveis que estão intimamente relacionadas e correlacionadas ao problema de degradação dos corpos fluviais, segue abaixo os parâmetros a serem aplicados na avaliação destes ambientes (A distribuição dos locais de investigação pode ser vista na figura 37).

Figura 37 – Distribuição espacial dos pontos investigados pelo Sistema de Avaliação Geoambiental em proposição (Fonte: Google Earth, 2012).

8.1 Parâmetros Climáticos

Com base nas observações feitas quanto ao papel do clima, que se encontra no tópico 4.2.1, definiu-se os pesos deste parâmetro, com base na classificação de Köppen & Geiger (1928) *apud* Peel; Finlayson; McMahon (2007), como se observa na tabela 29.

De acordo com a tabela 29, os valores de maior pesos foram atribuídos aos climas Árido (B) e Glacial (E) devido aos eventos tempestuosos que ocorrerem na regiões de clima árido, cujo volume d'água é elevado e de curta duração, gerando diversos problemas, incluindo a degradação ambiental. No caso do clima Glacial (E) seu peso elevado foi atribuído ao papel que o gelo exerce na transformação do relevo, na forma de depósitos glaciares.

Tabela 29 - Tipo climático local (KÖPPEN & GEIGER, 1928 *apud* PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).

Tipologia	Volume (mm/ano)	Peso
Tropical (A)	>1.500	1
Árido (B)	Climas secos e precipitação anual inferior a 500mm	9
Temperado (C)	1.100-2.000 Estações de Verão e Inverno bem definidas	6
Continental (D)	Estações de Verão e Inverno bem definidas	5
Glacial (E)	Estação do Verão pouco definida ou inexistente, podendo ser definido com Climas polares e de alta montanha	9
Não classificado	Ausência de dados	5

Climas extremos (muito quente e muito frio) podem atuar fortemente no processo degradacional, quando os diversos elementos da natureza têm seus respectivos fluxos de matéria e energia alterados, e por conta disto, atribui-se peso 9 aos climas árido e glacial, ao passo que o peso 1 foi atribuído ao clima tropical por apresentar uma melhor distribuição pluviométrica ao longo do ano.

Vale salientar que em climas semi-áridos, chuvas com elevado volume, de curta duração, atuam no processo degradacional dos solos, como também, inundações, transportando os materiais geológicos de frações distintas ao longo da drenagem.

A pontuação da tabela 29 foi baseada na distribuição e no volume de chuva, onde os maiores pesos foram atribuídos às distribuições pluviométricas irregulares ao longo do ano.

A classificação climática de Köppen & Geiger (1928), também se baseia no volume de chuva e na temperatura média, onde cada uma destas questões foram atribuídas pesos, conforme exposto na tabela 30:

Tabela 30 - Tipo climático local - Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).

Tipologia	Precipitação pluviométrica	Peso
S	Precipitação anual total média entre 380 e 760mm	5
W	Precipitação anual total média < 250mm	8
F	Ausência de estação seca definida e ocorrência de precipitação pluviométrica em todos os meses do ano.	1
W	Chuvas de Verão	9
S	Chuvas de Inverno	9
w'	Chuvas de Verão-outono	8
s'	Chuvas de Inverno-outono	8
M	Precipitação total anual média > 1500mm Precipitação do mês mais seco < 60mm	7
T	Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10°C	7
F	Temperatura média do mês mais quente < 0°C	8
M	Precipitação abundante e Inverno pouco rigoroso	6

Na tabela 30 a atribuição dos “scores” partiu da seguinte lógica de que, quanto maior ou menor a temperatura, mais extrema é a condição climática. Neste sentido as maiores pontuações ocorreram na tipologia w e s, enquanto a menor ocorreu na tipologia f, por não apresentar momento de estiagem, atribuindo-lhe pontuação com peso 1.

No caso de ocorrer chuvas em estações bem definidas, como nas tipologias w' e s', atribui-se peso 8 para ambas, pois a interação do clima com os demais elementos geoambientais superficiais ocorrem de forma fragmentada, como também, decréscimo ou ausência de precipitação, intercalando momentos de significativa capacidade de transporte dos materiais geológicos com a deposição destes produtos no interior das drenagens. Este peso foi atribuído, também, para precipitações inferiores a 250mm, na tipologia W e para os locais susceptíveis ao congelamento, como na tipologia F.

Embora este sistema tenha sido focado em ambientes de clima similar ao do Brasil, atribui-se pesos aos demais tipos climáticos, no caso da aplicação do mesmo sob condições climáticas diferentes as do Brasil (tabela 31).

Tabela 31 – Temperatura média - Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).

Tipologia	Temperatura média do ar	Peso
A	Temperatura média do ar no mês mais quente $\geq 22^{\circ}\text{C}$	7
B	Temperatura média do ar no mês mais quente $< 22^{\circ}\text{C}$	1
	Temperaturas médias do ar nos 4 meses mais quentes $> 10^{\circ}\text{C}$	7
C	Temperatura média do ar no mês mais quente $< 22^{\circ}\text{C}$	6
	Temperaturas médias do ar $> 10^{\circ}\text{C}$ durante menos de 4 meses	6
	Temperatura média do ar no mês mais frio $> -38^{\circ}\text{C}$	9
D	Temperatura média do ar no mês mais frio $< -38^{\circ}\text{C}$	9
H	Temperatura média anual do ar $> 18^{\circ}\text{C}$	6
	Deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C)	9
K	Temperatura média anual do ar $< 18^{\circ}\text{C}$	5
	Deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média do ar inferior a 18°C)	6

Visando facilitar a distribuição dos “scores”, os resultados parciais foram agrupados por faixas (baixo, médio e alto), e a partir do somatório das variáveis que compõem os parâmetros climáticos, chegou-se aos valores abaixo (tabela 32):

Tabela 32 - Pontuação Parcial dos parâmetros climáticos.

Limite	Classificação parcial
3-14	Baixo
15-18	Médio
19-27	Alto

8.2 Parâmetros Geológicos

Como a erosão ocorre predominantemente nos solos, atribui-se pontuações distintas, com base na capacidade destes materiais serem degradados pela ação do tempo, bem como, induzir aos processos erosivos no interior do canal, como também, em suas margens.

Através desta lógica, chegou-se aos seguintes pesos: rochas sedimentares (5) por serem, predominantemente mais susceptíveis a degradação mas inferiores aos solos, em comparação com as rochas.

Para as rochas ígneas, atribuiu-se peso 1, por se tratarem de materiais mais resistentes, enquanto que as litologias classificadas como sendo metamórficas obtiverem peso (2), por serem mais resistentes ao desgaste, em comparação com as sedimentares.

Por conta da variação dos diferentes tipos de rochas dentro do mesmo grupo litológico, optou-se por pontuá-los pelo grupo que as mesmas se encontram, como observado na tabela 33.

Tabela 33 – Natureza do substrato.

Litologia	Peso
Solo	8
Depósito sedimentar	9
Rocha ígnea	1
Rocha metamórfica	2
Rocha sedimentar	5
Contato geológico	9

Na tabela 33, considerou-se as rochas ígneas como sendo a mais resistente (peso 1) aos ataques intempéricos (físico, químico e biológico) e a de maior peso a sedimentar (peso 5) pois na grande maioria das vezes estes corpos litológicos são mais susceptíveis aos ataques dos agentes climáticos, mas superiores aos solos e depósitos sedimentares (estágio inicial na formação de rochas sedimentares), onde dentro deste mesmo grupo de rocha ocorre variação entre as espécies litológicas. Embora o tempo de formação exerça uma certa relação quanto à capacidade de serem degradadas, o tempo geológico não foi levada em consideração por questões de ordem técnica, já que as técnicas de datação, além de serem extremamente especializadas e caras, dificultaria uma classificação levando em consideração ao tempo geológico.

No sistema de classificação aqui proposto, definiu-se o peso do tipo de substrato, como sendo peso 1 para as rochas ígneas e peso 9 para os depósitos sedimentares, como observados na tabela 33.

Quanto aos materiais formados a partir da deposição dos solos transportados, estes foram pontuados da seguinte forma: peso 9 para os solos transportados (por serem mais susceptíveis a remobilização e serem péssimos locais para intervenção humana), peso 1 para os afloramentos rochosos (Neossolos Litóticos) por serem mais resistentes aos ataques do clima e para os solos residuais jovens (por serem oriundos do processos de intemperismo e não terem sido totalmente modificados, pode apresentar considerável resistência, embora o solo residual maduro seja fisicamente mais evoluído e menos resistente que o jovem (peso 3), como observado na tabela 34.

Tabela 34 - Tipos de solos.

Tipo de solo	Peso
Aluvião	9
Aterro	6
Ausente	1
Contato geológico	9
Depósito sedimentar	9
Depósito sedimentar pedogenizado	5
Orgânico	5
Paleossolo	5
Solo residual jovem	1
Solo residual maduro	3
Transportado	9
Neossolo litólico	1

Os aterros por serem elementos socialmente construídos, podem ser trabalhados para terem uma melhor resistência geomecânica e/ou obras complementares para diminuição dos riscos à degradação, classificou-se tais elementos como peso 6.

Como os solos ricos em matéria orgânica são menos susceptíveis à erosão, como os neossolos argilosos, onde os mesmos foram considerados como tendo peso 5 (resistência intermediária em relação aos solos residuais e aos paleossolos (se foi capaz de sobreviver ao processo natural de degradação e sofre as consequências da ação do tempo sobre ele e ainda resistir de forma reliquiária), como também os solos formados após a deposição dos materiais geológicos granulares e ação pedogenética (pode apresentar resistência e caracterização física bem variada).

A tabela 35 apresenta as possíveis combinações que definem, inicialmente, os parâmetros geológicos.

Tabela 35 - Pontuação Parcial dos parâmetros geológicos.

Limite	Classificação párcial
1-8	Baixo
9-13	Médio
14-18	Alto

8.3 Parâmetros Geomorfológicos

O tipo de vale está relacionado ao clima local, onde os vales em U ocorrem em local com geleira, atribuindo-se assim, peso 8 por estarem ou estiverem sob ação do gelo e peso 9 aos vales em V e current profile a locais de clima tropical e subtropical, com relevo do tipo, mares de morros e entre vales (tabela 36).

Tabela 36 - Tipos de vales fluviais

Tipologia	Peso
U	8
V	9
Tabular	7
Irregular	8
Cruzado	9

De um modo geral, a tipologia fluvial é apresentada na tabela 37, contendo ainda, suas características gerais e processos morfogenéticos atuantes.

Tabela 37 - Tipologia fluvial e suas características distintas (adaptado de DOEGLAS, 1962; CUNHA & GUERRA, 1996; AHMED & FAWZI, 2009; BARROS; RAPOSO; MAGALHÃES JÚNIOR, 2009; WARN, 2011).

Tipo de canal	Características	Peso
Retilíneo	Canais verdadeiramente retos são relativamente raros e são controlados por linhas tectônicas e requerem embasamento rochoso homogêneo.	3
Meandrante	São canais sinuosos, largos, harmoniosos e semelhantes entre si, por devido à escavação na margem com maior velocidade da corrente.	9
Anastomosados	Formados em condições especiais relacionados com a carga de sedimentos do leito, pois quando transporta material grosseiro em grandes quantidades e não tem potencia para transportar estes materiais em frações maiores até o nível de base, os mesmos se depositam no próprio leito.	5
Entrelaçados	As condições requeridas para a formação de rios entrelaçados são: fonte abundante de sedimentos, variações rápidas e frequentes no fluxo de água, e presença de bancos erodidos com materiais não-coesos. Os rios entrelaçados são encontrados, comumente, em áreas de clima temperado e em áreas de vales montanhosos, apresentando as seguintes características: canais em constante mutação, lagos e barras fluviais.	6

A partir deste conteúdo, definiu-se os pesos de acordo com a inclinação do terreno (tabela 38), onde o maior peso foi atribuído a faixa entre 20 a 45% (peso 9) pelo fato dos processos erosivos serem mais atuantes nesta faixa e o menor peso foi atribuído à superfície plana, posto que a forma do “maciço” está sujeito ao acúmulo de água.

Tabela 38 - Grau de Inclinação (EMBRAPA, 1979).

Tipologia	Inclinação (%)	Peso
Plana	0 – 3	1
Suave Ondulada	4 – 8	5
Ondulada	9 – 20	7
Muito Ondulada	21 – 45	9
Forte Ondulada	46 – 75	8
Uso Restrito	>76	6

Através da NBR 11682 (2006), classificou-se os diferentes tipos de vertentes, onde as superfícies retilíneas (aplainadas) atribui-se peso 1 a mesma, ao passo que nas convexas, peso 9 por apresentar mais vulnerabilidade aos problemas geotécnicos (tabela 39).

Tabela 39 - Tipo de vertentes (adaptado de NBR 11682, 2006).

Tipologia	Peso
Convexa	9
Côncava	5
Convexa-Côncava	6
Côncava-Convexa	3
Retilínea	1

Na tabela 40 encontra-se a pontuação parcial relacionada ao somatório das variáveis que compõem os parâmetros geomorfológicos.

Tabela 40 - Pontuação Parcial dos parâmetros geomorfológicos.

Límite	Classificação párcial
12-22	Baixo
23-26	Médio
27-36	Alto

8.4 Parâmetros Hidráulicos

Conforme a dinâmica climática de uma determinada região atua, sua atuação irá influenciar na dinâmica dos rios, já que os cursos d'águas podem estar sujeitos à variabilidade de seu volume hídrico, setorizados entre a quadra chuvosa e estiagem, refletindo assim, na variação da área alagada do canal e na capacidade de modificação do meio.

Por conta disto, a maior pontuação foi dada ao regime perene, por conta da capacidade de escoamento constante (peso 9) e transformação do meio circundante, isto visto como elemento da paisagem agindo isoladamente, ao passo que o menor peso foi atribuído ao regime irregular, em função da variabilidade na

distribuição das chuvas ao longo do ano (tabela 41), embora problemas diversos podem ocorrer em ambos os regimes, de acordo com as condições do meio físico.

Tabela 41 - Tipo de regime.

Tipologia	Peso
Perene	9
Intermitente	7
Irregular	5
Caótico	6

A vazão atua transportando os diferentes materiais geológicos ao longo da lâmina d'água (o transporte em saltação, tração, rolamento e suspensão dependem das características dos sedimentos, altura da lâmina d'água e da vazão do rio), podendo agir no processo erosivo do canal.

Como se observa, a vazão e aporte de sedimentos estão correlacionados entre si e variam amplamente entre os rios (as condições geológico-geotécnicas influenciam neste processo de carreamento rio abaixo), em especial nos de grandes dimensões, como exemplificado na tabela 18 e a partir desta discrepância entre as diferentes drenagens, chegou-se aos seguintes pesos (tabela 42):

Tabela 42 – Vazão (m³/s).

Grau	Variação (m³/s)	Peso
Muito baixa	≤1	8
Baixa	1-100	7
Normal	500	5
Alta	1.000	8
Muito alta	≥10.000	9
Ausência de vazão/ estiagem	-	9
Não mensurado	-	5

No ciclo hidrológico, as águas chegam ao interior dos rios e demais reservatórios pela precipitação pluviométrica, bem como, pelas nascentes, que

tangenciam o nível freático, cuja fonte está nos intertícios do solo e demais depósitos sedimentares, podendo ocorrer no interior das rochas fraturadas.

Neste caso, a existência de nascente é negativo, do ponto de vista degradacional, onde atribuiu-se pontuação elevada, quando a mesma ocorre na área da drenagem e em local com contato geológico (9), desgastando os materiais das encostas, no caso de margens com inclinação superiores a 4°, ao passo que peso foi atribuído peso 1 aos locais com ausência de nascentes.

No caso de não se observar a nascente, no caso de existir barreiras no local (naturais ou artificiais), sugere-se a atribuição de peso 5, no caso de se ficar em dúvida de ocorrência, como mostra a tabela 43.

Vale comentar que o papel da nascente neste processo está associado à sua vazão, condição geológico-geotécnica do maciço, tipo de uso e ocupação, bem como, presença de zona ripária.

A figura 7 mostra uma das nascentes que ocorre na margem direita da área de estudo, onde provavelmente, contribui para a remoção do material geológico constituinte da margem, onde esta água que sai do interior do maciço terroso em conjunto com o deslocamento da água do canal contribui para que a remoção do material geológico de suas margens, soma-se a isso a vazão da drenagem que é baixa.

Nas proximidades deste mesmo local ocorre ainda mais três nascentes, em direção ao anfiteatro, em posições distintas em seu interior, contendo um depósito de encosta (talus), com solos coluviais hidromorfizados.

Tabela 43 - Ocorrência de nascente.

Tipologia	Peso
Ausente	1
Presente	9
Não observado	5

O procedimento de coleta das amostras de água para definição dos sólidos em suspensão foi feito na profundidade média do canal/trecho, onde classificou-se

como peso mínimo (1) as amostras coletadas com percentual de até 9% e máxima de 9 pontos para aquelas com valor a partir de 50%, como se observa na tabela 44.

Partiu-se da seguinte lógica: quanto maior o conteúdo coletado por amostra, maior é o processo de disposição dos materiais no entorno e/ou no próprio canal.

Vale salientar que é necessário que em cada ponto de coleta seja feita em tréplica ou duplicadamente, por local de amostragem, cujo frasco de armazenamento deve ser de 500 ml, segundo recomendação do Guia de Práticas Sedimentométricas da ANEEL (2000).

Assim como, definir o teor de sedimentos totais, é imprescindível na análise hidrossedimentológica, bem como, na investigação sobre os processos erosivos da própria drenagem.

Sendo assim, considerou-se com peso 9 (muito alta) os sedimentos retidos, cujo valor foi superior a 49% e peso 1, os que se encontrarem entre 0 a 4%.

Tabela 44 – Sólidos em suspensão (% de sedimento/ 500ml)

Tipologia (%)	Parâmetro (%)	Peso
Muito baixa	0-4	1
Baixa	5-9	3
Normal	10-24	5
Alta	25-49	9
Muito alta	≥50	5
Não mensurado	-	5

A partir do somatório da pontuação das variáveis hidráulicas, chegou-se aos seguintes limites, como observados na tabela 45.

Tabela 45 - Pontuação Parcial dos parâmetros hidráulicos.

Limite	Grau de influência
12-21	Baixo
22-27	Médio
28-36	Alto

8.5 Parâmetros Pedológicos e Geotécnicos

Como os solos ricos em areia são mais susceptíveis à erosão (SOUZA; GASPARETTO; NAKASHIMA, 2008), foi atribuído o peso máximo (9) a estes tipos de texturas: arenosa, silto-arenosa, areno-siltosa e, a de menor peso, a argilosa (peso 5) por apresentar baixo potencial erosivo devido à coesão, como observado na tabela 46.

Tabela 46 – Textura dos solos (granulometria).

Tipologia	Peso
Arenosa	9
Areia franca	8
Areia siltosa	9
Franco arenoso	7
Franco argilosa-arenoso	7
Franco argilosa	5
Areia argilosa	8
Argilosa	5
Argila siltosa	8
Franco argilo-siltoso	6
Franco siltoso	6
Siltoso	6
Silte arenoso	9
Franco	5
Não quantificado	5

A permeabilidade é uma propriedade que está relacionada à capacidade de um determinado solo armazenar água em seu interior. Quando saturado, o solo fica sujeito à problemas geotécnico o que sugeriu à seguinte classificação/ pontuação (tabela 47):

Tabela 47 – Permeabilidade dos solos (adaptado de STANCATI; NOGUEIRA; MONJEVILAR, 1981 *apud* LORANDI et al., 2001).

Tipo de solo	Parâmetro (cm/s)	Peso
Praticamente Impermeável	$<10^{-7}$ cm/s	9
Muito Baixa	10^{-5} a 10^{-7} cm/s	7
Baixa	10^{-3} a 10^{-5} cm/s	5
Média	10^{-1} a 10^{-3} cm/s	3
Alta	$<10^{-1}$ cm/s	1
Não quantificado	-	5

Visando facilitar e padronizar o percentual das variáveis, quando na ausência de parâmetros pré-definidos por normas técnicas aplicadas aos ambientes fluviais, adotou-se como peso 1 a faixa percentual entre 0 a 4, no caso em questão sobre o teor de matéria orgânica (quantidade de sedimentos/volume da amostra * 100) e peso 9, os valores acima de 50%, como se observa na tabela 48.

Este teor de matéria orgânica está relacionado aos sedimentos provenientes dos solos localizados nas margens dos rios (planície fluvial).

Tabela 48 - Teor de matéria orgânica dos solos.

Tipologia (%)	Matéria Orgânica (%)	Peso
Muito baixa	0-4	9
Baixa	5-9	7
Normal	10-24	5
Alta	25-49	3
Muito alta	≥ 50	1
Não mensurado	-	5

Após a adoção das faixas propostas pela IAEG (1978) para o grau de saturação dos sedimentos, atribui-se peso 9 aos valores extremos (naturalmente seco e saturado), já que em ambos os casos, influenciam no desenvolvimento de problemas geotécnico como a erosão, na área correspondente à faixa marginal e ao leito maior, definindo-o com peso 1 ao sedimento úmido como o ideal (tabela 49).

Tabela 49 – Grau de Saturação dos materiais geológicos (adaptado de IAEG, 1979).

Tipo de solo	Grau de Saturação (%)	Classe	Peso
Naturalmente seco	0 – 24	1	9
Úmido	25 – 49	2	1
Muito úmido	50 – 79	3	5
Altamente saturado	80 – 94	4	7
Saturado	95 – 100	5	9
Não mensurado	-		5

O cálculo do grau de saturação é feito a partir da seguinte fórmula:

$$h = \frac{Ph - Ps}{Ps} \times 100$$

onde: h = umidade natural; Ph = Peso úmido; Ps = Peso seco.

Por conta de todas estas questões, atribui-se os seguintes pesos aos problemas de natureza geotécnicas (ver tabela 29), onde a grande maioria destas tipologias foi atribuída peso 9, exceto por queda de blocos (peso 6), por ocorrer apenas em taludes rochosos, no caso, em drenagens localizadas no interior dos maciços rochosos e são pontuais no interior do canal e margens, onde a correção ou minimização deste problema é relativamente fácil de ser feita (concreto projetado, cortina atirantada e muro de arrimo).

Por outro lado, em áreas altamente urbanizadas, em decorrência das ações humanas, estão sujeitos aos eventos de inundações (MORELLI et al., 2012) como também de enchentes (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2007) e por conta disto, atribui-se peso 9 para este último problema, já que os danos e prejuízos relacionados a isto são bem maiores, embora sua frequência é normalmente menor, que os das inundações (peso 8), como se observa na tabela 50.

Tabela 50 - Problemas geotécnicos.

Tipologia	Peso
Assoreamento	9
Ausente	1
Compactação dos solos	5
Enchente	9
Erosão linear	7
Erosão por <i>Piping</i>	8
Fluxo de detritos	9
Inundações	8
Mixto	9
Outros	5
Presença de cunha	8
Queda de blocos	6
Ravina	8
Recalque	9
Ruptura de talude	7
Solapamento basal	8
Tombamento	8
Voçoroca	9

A partir dos dados apresentados nas tabelas que compõem estes parâmetros, e atribuídos os diferentes pesos a estas variáveis, chegou-se às faixas de valores e seus graus de influência, como mostrado na tabela 51(baseados nos parâmetros geotécnicos sugeridos).

Tabela 51 - Pontuação Parcial dos parâmetros geotécnicos.

Limite	Grau de influência
9-32	Baixo
33-37	Médio
38-45	Alto

8.6 Parâmetros Ecológicos

Foram propostos cinco parâmetros ecológicos relacionados ao espaço da faixa marginal, os quais serão discutidos a partir de agora.

Nesta tese, adotou-se a distância regida pela Lei nº 4.771 (1965) que trata da faixa marginal, além desta incrementamos 100m em ambos os lados.

O papel que a faixa marginal exerce já foi mostrado anteriormente e por conta disto, atribui-se peso 1 para as drenagem que apresentem matas ciliares, independentemente do domínio morfoclimático onde o curso d'água esteja inserido e peso 9 para os locais com ausência das mesmas, posto que estes corpos vegetacionais exercem papéis importantes para minimizar o processo de erosão (tabela 52).

Tabela 52 - Faixa marginal (mata ciliar).

Tipologia	Peso
Presente	1
Ausente	9

Devido a estas questões, definiu-se que as matas ciliares, quando contínuas ao longo da drenagem, teriam peso 1; ao passo de que, quando ausente, peso 9, por facilitar o escoamento superficial e a aumento da susceptibilidade a erosão dos solos destes locais e da própria vertente (tabela 53). Neste caso, a lógica foi: quanto mais a contínua a faixa marginal, menor será a susceptibilidade de degradação de suas margens.

Tabela 53 – Característica da faixa marginal (mata ciliar).

Tipologia	Peso
Continua	1
Descontínua	7
Irregular	6
Ausente	9

Devido a capacidade que a vegetação tem de atuar no amortecimento do impacto das gotas das chuvas nos solos, atribui-se peso 1 a vegetação do tipo

arbórea, por apresentar maior área da copa e no outro extremo, locais desmatados, expõem diretamente o solo aos efeitos das intempéries – efeito “splash” (peso 9), como observado na tabela 54, embora possa ocorrer o efeito de bordas (ZAU; COELHO NETTO; OLIVEIRA, 2007).

Tabela 54 - Aspecto vegetacional da mata ciliar.

Tipologia	Peso
Arbórea	1
Arbustiva	6
Reflorestada	5
Desmatada	9

Sendo assim, pontuou-se o porte vegetacional onde a mesma está localizada, aí atribuiu-se peso 1 para as fixas, já que seu sistema radicular, quando profundo, contribui para que a ação da água seja amenizada no processo de erosão de suas margens. As flutuantes atribui-se peso 5 pois amortecem, de certa forma a massa líquida em escoamento, embora quando localizadas em ambientes ricos em nutrientes, podem comprometer a qualidade da água, sendo assim, nocivas ao meio, apesar de certa forma agirem como barreiras naturais retentoras de metais pesados (macrófitas). A ausência de vegetação, tanto nas margens quanto no canal, comprometeria a estabilidade do canal fluvial e por conta disto, atribui-se peso 9 , como se observa na tabela 55.

Tabela 55 - Tipo de vegetação na drenagem (fixação ao leito).

Tipologia	Peso
Fixa	1
Flutuante	5
Mista	3
Ausente	9

Quanto ao tipo de cobertura do solo que existe no interior das matas ciliares, atribuiu-se peso 1 àquelas que apresentam serrapilheira em seu interior, e quando ausente, peso 9, como observado na tabela 35. Quando em áreas urbanizadas, as

áreas com vegetação podem apresentar solos compactados devido ao pisoteio (humano/animal) ou mesmo ter seu solo impermeabilizado por materiais que dificultem ou não a infiltração de água no interior do solo, como por exemplo, uso de concreto, sendo normalmente observados em áreas urbanizadas (tabela 56).

Tabela 56 - Cobertura do solo da mata ciliar.

Tipologia	Peso
Solo com serrapilheira	1
Solo exposto	9
Material compactado	8
Outros materiais – permeáveis	5
Outros materiais – impermeáveis	9

Com base nos parâmetros apresentados, construiu-se uma tabela de pontuação parcial, como mostra a tabela 57, para os espaços destinados aos seus leitos fluviais (menor, maior e excepcional).

Tabela 57 - Pontuação Parcial dos parâmetros ecológicos.

Limite	Grau de influência
5-16	Baixo
17-27	Médio
28-45	Alto

8.7 Parâmetros relacionados ao uso e ocupação do solo

Conforme o papel do uso e ocupação humano ao longo das planícies fluviais e seus respectivos impactos apresentados na revisão bibliográfica pertinente a este tema (ver tópico 4.2.7), atribuiu-se pesos distintos às diferentes obras de engenharia posicionadas próximas ou construídas diretamente no interior dos corpos hídricos, a saber, pontes com fundações nas margens e/ou no interior do canal (erosão nas margens e assoreamento próximo aos pilares), viadutos e estradas, pavimentadas obtiveram peso 9, ao passo que, os túneis, peso 3, e peso 1 para os segmentos onde tais infra-estruturas são ausentes. Apesar dos “benefícios” que tais obras geram para toda sociedade civil, não se pode dizer que isto valha para os outros elementos da natureza pois, modificando fortemente seus habitats, causam problemas diversos.

Considera-se como outras (construções), as infra-estruturas que não foram citadas aqui e por conta da ampla diversidade adotada pela engenharia civil, cujos danos ao meio são diversificados e ampliados. Portanto, para se ter uma margem de erro menor, adotou-se peso 5 (tabela 58).

Tabela 58 - Infra-estruturas públicas e privadas

Tipologia	Peso
Ausente	1
Duto/ tubulação	7
Estrada de terra	8
Estrada em paralelepípedo	6
Estrada pavimentada	9
Galeria pluvial	5
Outras construções	5
Ponte com fundação nas margens	9
Ponte com fundação no canal	9
Túnel	3
Viaduto	9

Devido aos diversos impactos que ocorrem pelas atividades sócio-econômicas já expostas, definiu-se os pesos relacionados às diferentes formas de utilização e seus impactos gerados ao meio físico, com ênfase na degradação dos solos e sua repercussão aos recursos hídricos, como observados na tabela 59.

Tabela 59 - Tipo de uso e ocupação

Tipologia	Peso
Agricultura	7
Área natural	1
Hidrovia	5
Industrial	7
Lazer	6
Mineração	9
Misto	9
Outros	5
Pastagem	9
Urbano	7

Como mostrado na tabela 59, as atividades consideradas mais impactantes foram atribuídas peso 9, por exemplo: as áreas de pastagens, nas quais a pressão exercida pela pata de diferentes animais degradam o solo, tornando-os impermeáveis, sujeitos à ação do tempo; mineração e uso misto (mais de uma atividade econômica); O menor peso foi atribuído às áreas consideradas naturais, com ausência de práticas sociais, com vegetação primária ou secundária do próprio local.

No caso do uso ser feito por outras atividades sócio-econômicas não listadas e pontuadas aqui, sugeriu-se a adoção de peso 5 para as mesmas.

Com relação à força exercida pelos diferentes animais, no caso do uso do solo para pastagem, atribui-se pesos distintos conforme a relação entre a área média dos cascos em comparação com a do trator, incluindo ainda o peso atribuído à estas variáveis, onde o peso máximo foi definido ao bovino (peso 9) e mínimo em caprino e muar (peso 5), como se observa na tabela 60.

Segundo Sousa, Silva e Resende (1998) a força exercida pelo pisoteio dos animais, além de variar entre si, o boi, por exemplo, exerce uma força 106,5% maior que aquela exercida pelo trator, e por isso definiu-lhe peso 9. O menor peso (5) foi atribuído à mula e cabra, como se observa na tabela 60, embora em regiões do nordeste, as cabras exercem um forte papel na degradação de encostas.

Tabela 60 - Valores da massa, área do casco e pressão de animais (adaptado de SOUSA et al., 1998 *apud* SOUSA et al., 1998).

Animal	Área média do casco (m²)	Peso médio (kg)	Pressão (Kpa)	Porcentagem (%)	Peso
Bovino	0,103	400	190,3	100	9
Novilho	0,0057	200	171,9	90	7
Bezerro	0,0018	60	163,3	86	6
Equino	0,0076	250	161,2	85	6
Caprino	0,0016	35	107,2	56	5
Muar	0,0038	120	154,7	81	5
Asinino	0,0030	100	163,3	86	6

Quando o local onde for aplicado o sistema de avaliação for contínuo, pertencente a mesma propriedade, é sugerido adotar o mesmo valor da relação número de animais versus hectare nos formulários aplicados em um determinado lugar, como foi o caso desta tese.

Embora ocorra um elevado número de animais em uma área relativamente grande, na mesma propriedade e se o número de animais encaixa-se com peso inferior, não implica que problemas oriundos do caminhamento destes não ocorram ao longo da área, mas sim, em um espaço físico, possivelmente menor.

Pensando nisto, criou-se a relação entre o número de animais por hectare, como exposto na tabela 61, onde o maior peso foi atribuído ao boi inserido em uma área de tamanho igual ou superior a 100 hectares.

Tabela 61 - NÚMERO de animais por hectare.

Tipologia	Nº de animais					Peso
	1	5	10	50	≥100	
Bovino	5	6	7	8	9	
Novilho	3	4	5	6	7	
Bezerro	2	3	4	5	6	
Equino	2	3	4	5	6	
Caprino	1	2	3	4	5	
Muar	1	2	3	4	5	
Asinino	2	3	4	5	6	
Outros	5	5	5	5	5	
Ausente	1					
Nº de animais	1	5	10	50	≥100	
	Hectare					

Partindo desta lógica, atribuiu-se peso 9 à pastagem quando operada de forma livre, por conta dos impactos causados ao solo, enquanto nos locais sem pastagens seu peso corresponde a 1, conforme exposto na tabela 62.

Tabela 62 - Tipo de pastagem.

Tipologia	Peso
Livre	9
Confinada	5
Mista	7
Ausente	1

Como as práticas conservacionistas fazem parte das medidas mitigadoras e de planejamento do manto de intemperismo, atribui-se peso 1 quando for realizada/presente e quando na ausência destas, definiu-se como sendo de peso 9, conforme exposto na tabela 63.

Tabela 63 – Planejamento do uso do solo.

Tipologia	Peso
Presente	1
Ausente	9

A tabela 64 apresenta os diferentes tipos de infra-estruturas que podem ser usadas no controle de problemas geotécnicos, com o propósito de amenizar ou mesmo aumentar o reforço do terreno, como no uso de concreto projetado ou mesmo, muro de contenção, ou cortina atirantada e coluna de *Jet grouting*, incluindo ainda, o uso de piscinões na diminuição de inundação, os quais são usados, normalmente, em áreas urbanas com alta susceptibilidade de inundações.

Tabela 64 - Infra-estruturas pra controle de erosão

Tipologia	Peso
Piscinão	5
Estruturas em rocha (gabião)	5
Estruturas em solo (aterro)	6
Muro de contenção	3
Cortina atirantada	3
Concreto projetado	3
Coluna de <i>Jet grouting</i>	3
Ausente de infra-estrutura	9
Sem erosão	1

Neste sentido, atribuiu-se peso 9 aos locais onde estes problemas existam mas não foi feito nenhum tipo de controle ou prática minimizadora, ao passo que as técnicas de reforço dos maciços (terrosos e rochosos) obtiveram menor peso por conta da pontualidade deste no terreno (peso 3), além disso, são feitas, quando necessário, nas proximidades de barragens, durante a fase de construção, visando diminuir os riscos de problemas geológico-geotécnicos neste tipo de empreendimento (tabela 64).

Com relação à prática de manejo do solo, no caso dos locais que se encontram na área de influência do rio, a adoção de técnicas mitigadoras voltadas a minimizar os impactos causados pelo uso pelo cultivo agrícola foram pontuadas, onde atribui-

se peso 9 as culturas perenes (causando o empobrecimento do solo mais acelerado e tornando-o vulnerável à degradação), enquanto que a adoção de técnicas de manejo melhoram ou mesmo diminuem os riscos de erosão do solo, como por exemplo, o uso de cordão de vegetação, cultivo em faixa ou mesmo a variação de diferentes técnicas de manejo (misto), que neste caso, atribuiu-se peso 3, como observado na tabela 65.

Tabela 65 - Tipo de Manejo (VIEIRA et al., 1996; BANCO DO NORDESTE, 1999; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999;).

Tipologia	Impacto	Peso
Cultivo anual	Aumento de pragas e doenças nos cultivos fixos/anuais, requerem a adoção de cordões de vegetação permanente para diminuir a erosão do solo, já que desgastam os solos o cultivo anual (por exemplo: café, cacau e pomar)	9
Cordões de vegetação permanente	Auxilia minimizando os danos provocados pelas culturas anuais, onde estas faixas apresentam-se densas e perenes, controlando os efeitos da erosão nos solos	3
Rotação de cultura	Aumenta o conteúdo de matéria orgânica, auxilia no controle de ervas daninhas	5
Cultivo em faixa	Distribui melhor as culturas, podendo ter suas posições fixadas ou móveis no interior da propriedade, cujas faixas podem estar niveladas, paralelas ou associadas as paralelas e niveladas. Protege o terreno, diminuição do volume e velocidade de enxurradas provocadas por culturas mais abertas. Ameniza os efeitos da erosão eólica quando feito perpendicularmente à direção dos ventos predominantes	3
Ausente	No caso do solo ser usado para atividades agrícolas e pastagem, com ausência de qualquer forma de manejo	9
Sem cultivo	No caso de áreas naturais, sem interferência direta do homem, como em áreas preservadas.	1
Misto	Dependendo do tipo de cultura e das condições do terreno, o uso de mais de uma técnica de manejo ameniza os danos causados pelo uso do solo	3
Outros	Consideram-se como outros as técnicas que não foram comentadas e atribui-se peso 5 a estas, incluindo calagem do solo, que melhora o pH do solo	5
Outros	Consideram-se como outros as técnicas que não foram comentadas e atribui-se peso 5 a estas, incluindo calagem do solo, que melhora o pH do solo	5
Defensivos agrícolas	Sob certas condições, é feito o uso de defensivos agrícolas, onde a calagem é feita para melhorar o pH dos solos. Praguicidas e fungicidas são usados no controle de pragas nas plantações, contudo, os impactos gerados pelo uso de tais técnicas e as demais não citadas, diz respeito à contaminação de água e sedimentos e modificação biogeoquímica destes materiais	5

Por outro lado, o baixo grau de inclinação nos terrenos aplainados foi atribuído peso 1, pois dificulta o escoamento das águas provenientes das chuvas, embora, sob certas condições, possa acumular água, quando na ocorrência de depressões em seu interior ou de variações ao longo da “rampa”, como observado na tabela 66.

Tabela 66 - Localização do cultivo agrícola na planície fluvial.

Tipologia	Peso
Ausente	1
Em área alagada	3
Em curva de nível	5
Em declive	9
Em faixa	5
Em planície	1
Em terraço	3
Sem cultivo	1

Os terrenos classificados como tendo declividade variando de suave ondulada a forte ondulada, incluindo os locais com declividade superior a 75°, como mostrado anteriormente, tornam-se vulneráveis à erosão hídrica, atribuindo-se peso 9 as culturas plantadas seguindo a inclinação do terreno, já que o espaçamento entre as plantações favorecerem a canalização do fluxo hídrico, ao ponto de criar feições erosivas, tais como erosão linear (tabela 66).

Tomando-se como base o estudo feito por Bertoni & Lombardi Neto (1999), Pons (2006) *apud* Cereda Junior (2006), atribui-se pesos distintos em diferentes tipos de culturas agrícolas, conforme apresentado na tabela 67.

Sendo assim, atribui-se peso 9 para a cultura do feijão, ao passo que o menor valor foi atribuído à cana de açúcar (ver tabela 67).

Tabela 67 - Tipo de cultura (adaptado de BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; PONS, 2006 *apud* CEREDA JUNIOR, 2006).

Tipologia	Peso
Arroz	6
Ausente	5
Banana	5
Cana de açúcar	3
Feijão	9
Hortaliça	7
Laranja	4
Milho	3
Outras culturas	5
Soja	5

Com base nos parâmetros apresentados no tópico 8.7 chegou-se às seguintes pontuações parciais, como exposto na tabela 68:

Tabela 68 - Pontuação Parcial dos parâmetros relacionados ao uso e ocupação.

Limite	Grau de influência
9-22	Baixo
23-46	Médio
47-90	Alto

Com a soma de todas as variáveis e pontuação total por amostra (afloramento) atribui-se os “scores”, podendo ser classificado como sendo baixo, médio e alto, mas devido às possíveis combinações, que chegam a valores bem diferentes, considerando-se como curso d’água classe I, todo aquele que obtenha pontuação limitada entre 51 e 83 pontos (somatório de pontuação inferior a 5).

Para os que forem denominados como classe III, são aqueles cujos valores calculados estiveram limitados entre a faixa de peso 5 a 7, totalizando um limite de pontos entre 141 a 261. Para os de classe V, são aqueles com pontuação entre 235 a 261 pontos, obtidos através do somatório entre as variáveis com peso entre 8 a 9.

Intermediariamente a estas classes, foram definidas as subclasses, cujos valores estivessem entre os limites atribuídos pelas classes (parcialmente alterado = 84-141 pontos e muito alterado = 194-234 pontos (ver tabela 69).

Percebe-se através da tabela 69, a existência de uma série de limites entre as classes, onde estes valores são baseados no somatório do menor e do maior valor atribuído as grupos chaves (natural, levemente alterado, muito alterado e degradado), embora para facilitar a classificação dos corpos d'água, estes valores foram readaptados.

Vale salientar que na ausência de peso inferior a 5 para compor os limites citados, estes valores foram acrescidos e somados com os das respectivas faixas limites. As faixas intermediária foram definidas pelos limites das faixas chaves.

No caso de ocorrer mais de uma opção durante o processo de avaliação, como em problemas geotécnicos, soma-se o maior valor apresentado, embora, qualitativamente, deve-se citar textualmente a variável não inclusa na pontuação.

Vale lembrar que o processo de classificação aqui proposto, deve ser feito por segmentos dentro da área de um determinado rio, contemplando diferentes áreas em seu interior, como também, no entorno dele, sendo limitado, ao espaço que corresponde à faixa marginal ou no máximo, na região que corresponde ao leito excepcional que um determinado rio atinge em cheias ocorridas em eventos extremos, quanto à área que o rio ocupa.

A partir da totalização da pontuação por avaliação, tem-se a seguinte distribuição qualitativa, relacionada às condições geoambientais da drenagem e de seu entorno (tabela 69).

Tabela 69 – Pontuação adotada para a classificação paramétrica do curso d'água.

Σtotal Limite	Classificação	Classe
<83	Natural	I
84-141	Levemente alterado	II
142-193	Alterado	III
194-234	Muito altado	IV
>235	Degradado	V

O critério adotado na escolha destes pontos teve como base o espaçamento necessário que permitesse a representação cartográfica das informações obtidas em campo e em laboratório, através da adoção de duas escalas distintas: 1/5.000 (espaçamento usado na largura do canal, na forma de seção, incluindo o leito, as

margens e o espaço correspondente à faixa marginal) e 1/50.000 (longitudinal espaçado em certa de 500m um do outro), totalizando em 35 formulários (5 formulários por seção), pela técnica de Detalhamento Progressivo (ver tópico 6.11).

O modelo de formulário adotado para a avaliação da qualidade do meio físico pode ser visto no Apêndice 1. Este sistema foi testado no Córrego das Cruzes, município de Santo Antônio do Aracaguá/SP, cuja variação da pontuação por avaliação do sistema proposto pode ser observada no gráfico 3.

Através da aplicação do Sistema de Avaliação Geoambiental, cujos dados foram coletados em campo e parte deles foram tratados em laboratório, observou-se que os pontos de controle da área apresentaram pontuação variando entre 192 no ponto 13 e máximo de 242 no ponto 5, como visto na tabela 70, incluindo a distribuição gráfica desta aplicação, pode ser observada no gráfico .

Tabela 70 – Proposta de classificação final baseada na pontuação obtida após sua aplicação por segmento.

Pontuação	Classificação	Caracterização
51-83	Natural	Quando apresentava pelo menos 50 m de vegetação natural em torno do olho d'água em nascentes pontuais ou a partir do olho d'água principal em nascentes difusas; vegetação ripária natural no trecho de 300 m a partir do olho d'água em ambas as margens; influência antrópica mínima ou ausente.
84 – 141	Levemente Alterado	Quando não apresenta 50 m de vegetação natural em seu entorno e vegetação ripária natural no trecho de 300 m, mas apresentam bom estado de conservação, apesar de serem ocupadas por poucas pastagem/agricultura ou pequenas influências antrópicas.
142 – 193	Alteração	Quando não apresenta 50 m de vegetação natural em seu entorno e vegetação ripária natural no trecho de 300 m, mas apresentam bom estado de conservação, apesar de serem ocupadas por pastagem/agricultura ou influências antrópicas mais acentuadas.
194 – 234	Muito Alterado	Quando não apresenta 50 m de vegetação natural em seu entorno e vegetação ripária natural no trecho de 300 m, mas apresenta-se em estado de conservação ruim, apesar de ser ocupada por pastagem/agricultura ou grande influência antrópica.
235 - 261	Degradado	Quando encontra-se com alto grau de perturbação no entorno de 50 m do olho d'água e vegetação ripária no trecho de 300 m; solo compactado; presença intensa de gado; presença de erosões e voçorocas. Influência intensa de atividade antrópica.

9. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com base nas informações apresentadas no capítulo 6 e nos dados obtidos por meio do sistema de avaliação em proposição, no capítulo 7, chegou-se a resultados que será discutidos doravante.

9.1 Comparação entre técnicas distintas

A partir da investigação sobre a constituição do maciço terroso que compõe a área de estudo, constatou-se que o local é formado, predominantemente, por materiais geológicos na fração areia, com variação de muito fina a grossa, com presença de argila, silte (desembocadura) e cascalhos (interior de afloramentos rochosos).

A predominância da fração arenosa torna o solo mais susceptível à erosão, especialmente por ser um solo pobre em teor de matéria orgânica, fato este observado não só no interior dos solos quanto nos sedimentos carreados e transportados rio abaixo, conforme pode ser observado no gráfico 3.

Gráfico 3 - Variação percentual do teor de matéria orgânica dos materiais geológicos da área de estudo.

O gráfico 3 apresenta a distribuição percentual das amostras dos solos, que foram quantificadas, e o teor de matéria orgânica, onde percebe-se que o maior percentual foi inferior a 6% do conteúdo, demonstrando o quão pobre é o solo local e tão susceptível ao ataque das águas pluviais, especialmente nas porções do terreno mais inclinadas, constituídas por trilha usada pelo gado, como se observa na figura 39.

Figura 38 - Uma das áreas usadas pelo gado para acesso ao Córrego das Cruzes (a) e degradação das margens pelo pisoteio do gado (b).

A figura 39 exemplifica um dos locais usados pelo gado para ter acesso à água, na qual a parte (a) expõe ao fundo o gado e a parte (b) exhibe a degradação da vertente, na forma de depósito de talus gerada pelo pisoteio do gado e remoção dos sedimentos do “solo” pela tração das patas encosta abaixo.

Os problemas geotécnicos da área de estudo, incluindo as trilhas criadas pelos bois, podem ser vistos no mapa de feições erosivas.

Quanto à dinâmica do gado ao longo da área de estudo, percebeu-se que os mesmos foram facilitadores da degradação do solo, ao ponto de compactar porções do terreno, que já possui uma elevada facilidade de ser erodido.

Nesta questão, o pisoteio do gado, em pontos distintos ao longo da drenagem fez com que o solo fosse compactado, removendo as gramíneas, bem como impermeabilizando o solo, como se observa pela baixa permeabilidade da área de estudo (ver tabela 71).

Conforme citado nos procedimentos teórico-metodológicos quanto à elaboração do ensaio de infiltração, segundo os procedimentos práticos apresentados por Guerra (2002), chegou-se aos seguintes valores (tabela 71):

Tabela 71 - Dados provenientes do ensaio de infiltração.

Furos									
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
vol/ seg.	$1,0 \times 10^{-6}$	$2,45 \times 10^{-6}$	$2,65 \times 10^{-6}$	$2,45 \times 10^{-6}$	$1,50 \times 10^{-6}$	3×10^{-7}	$5,5 \times 10^{-7}$	3×10^{-7}	$1,5 \times 10^{-7}$

Legenda: v = volume do tubo; f = furo; Δt = Tempo (minuto); Δh = altura (mm); $\Delta vol.$ = volume (mm^3); $\Delta t/s$ = tempo/segundo; Per. = permeabilidade.

Dados os ensaios de permeabilidade realizados na área de estudo, percebeu-se que as maiores permeabilidades ocorreram nos furos de números 1, 2, 3, 4 e 5, mesmo assim, os mesmos foram considerados como sendo de muito baixa permeabilidade, ao passo que os demais furos (6, 7, 8 e 9) foram classificados como sendo praticamente impermeáveis, com base nos parâmetros estabelecidos por Stancati; Nogueira; Monjevil, 1981 *apud* Lorandi et al., 2001.

Apesar dos valores apresentados serem significativamente baixos, constatou-se que a capacidade de retenção de água no solo foi mais facilitada nos locais com sedimentos friáveis (proximidade de encostas e ilhas arenosas no canal), ao passo que nas porções superiores do relevo, o solo obteve baixa capacidade de reter água, como visto nos furos F6, F7, F8 e F9.

Vale lembrar que a variação da permeabilidade ocorre em função do índice de vazios, composição mineralógica, caracterização granulométrica, estrutura dos agregados que compõem os solos, o tipo de fluido existente em seu interior, feições macro-estruturais (como por exemplo: fraturas, diáclases, estratificações, dentre outras), incluindo ainda, a temperatura do meio (PINTO, 2006; SOARES; PINHEIRO; TAVARES, 2006).

Com relação aos materiais que compõem o substrato da área de estudo, através das propriedades morfológicas dos solos, feitas em pontos distintos, ao longo de ambas as margens, constatou-se que a estrutura dos solos é composta, predominantemente, por estrutura colunar embora ocorra em tamanho variado, seguido da ausência de estrutura.

Tal fato pode ter sido causado pelo uso e ocupação do solo, pois o pisoteio excessivo pode modificar a estrutura do solo.

Como relação a porosidade, a mesma foi definida como sendo pequena (propriedades dos solos), apesar de apresentar-se com tamanhos variando (de muito pequena a pequena).

Com relação à plasticidade destas estruturas, ao serem umedecidas, observou-se que mesmo as mesmas não apresentaram plasticidade, em função da ausência, ou do baixíssimo, teor de argilo-minerais, embora pequenas proporções possam ser sentidas ao realizar o ensaio aqui comentado, como mostrado na tabela 24.

Com relação às cores dos materiais geológicos granulados, percebeu-se que as mesmas variam de brunos (amarelados, acinzentados, avermelhados e gradações de cor ao serem umedecidas), cinza (brunado-claro e cinza claro).

Estas cores estão associados ao teor de óxido de ferro (férico ou ferroso), onde são encontrados em locais que apresentaram paleoclima mais quente.

9.2 Análise dos dados do Sistema de Avaliação Geoambiental

Através da aplicação dos 24 formulários, apresentados anteriormente, foram obtidos os seguintes resultados (ver gráfico 4 e Apêndice 5), quanto a pontuação geral.

Com base nos dados referentes à pontuação deste sistema de avaliação, percebeu-se que os mesmos variaram de 206 pontos, no ponto 12 e, no máximo, de 258 pontos no ponto 6. Por outro lado, a média total por formulário entre si, desde 6,24 (formulário 12) a 7,89 (formulário 19).

Quanto ao conjunto de parâmetros que compõem o sistema de avaliação, devido ao fato da área de estudo estar dentro da mesma faixa climática, a pontuação foi a mesma para todos os locais apresentados.

Gráfico 4 – Distribuição da pontuação total do Sistema de Avaliação Geoambiental.

Baseado nos critérios adotados e comentados, a área de estudo está inserida em um local com alta potencialidade de participar do processo de degradação, devido ao regime climático (a pontuação foi de 23 pontos por formulário).

Os dados referentes aos parâmetros geológicos mostraram que o menor resultado ocorreu no ponto de controle de nº 12, cujo valor foi de 7 pontos, contrastando com 18 pontos ocorridos nos pontos de controle nº de 8-11 e 15 a 24.

O ponto de nº 12 estava localizado no interior de um afloramento rochoso, contendo como característica, litologia do tipo arenito, compostos por clastos mal selecionados, rico em quartzo e mica, provavelmente de origem fluvial, cujas arestas encontram-se semi-arredondadas.

A distribuição espacial deste afloramento é vista em uma pequena porção da área de estudo, onde foi possível observá-lo em parte das margens do canal.

Os locais com pontuação mais elevada estão relacionados aos depósitos sedimentares inconsolidados, como nos pontos 17 e 18, como também nos solos transportados dos pontos 10 e 13, e depósitos aluviais foram encontrados nos pontos 16 a 24.

Com relação aos parâmetros geomorfológicos, os menores resultados ocorreram nos pontos de controle de nº 3, 13 e 24 (20 pontos), ao passo que nos pontos 12 e 17 a pontuação verificada foi de 31 pontos, conforme mostra a figura 37.

Como observado e computado através dos formulários aplicados, a área é formada, principalmente por depósitos sedimentares, no caso inconsolidados, pois o material é extremamente friável e susceptível ao carreamento por ação hídrica. Apesar de que um afloramento rochoso de arenito ter sido observado nos pontos de observação 13 e 18.

Quanto aos materiais inconsolidados, os mesmos são compostos por depósitos sedimentares tanto inconsolidados quanto pedogenizados, como no caso dos Neossolo Quartzarênico e do Neossolo Quartzarênico Hidromórfico (nas encostas).

Este hidromorfismo está associado à presença de nascentes, que confere umidade aos solos formados pela ação gravitacional nas encostas da drenagem (depósito de talus), incluindo ainda as margens que se encontram parcialmente inundadas ao longo do ano.

Gráfico 5 – Variação das propriedades Geomorfológicas da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.

A partir da medição da vazão em três pontos distintos da área de estudo e o resultados destas leituras mostraram que a vazão é baixa, se comparada com as faixas de variação de vazão, onde adotou-se a faixa limite para todos os formulários aplicados, que foram acrescentados à pontuação total.

Neste sentido o maior resultado foi observado nos pontos 1, 6, 8, 13, 14, 19 e 22 (27 pontos) e valor mínimo no ponto de controle 23 (17 pontos), como mostra o gráfico 6.

Os valores padrões nestes formulários, além de sua vazão, foi o teor de sólidos em suspensão, que foi baixo para todos os pontos de controle.

Gráfico 6 – Variação das propriedades hidráulicas da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.

Vale salientar que nos segmentos analisados, apenas o ponto 23 foi definido como sendo de regime intermitente, pois este segmento do canal sofre com as variações do regime climático (estiagem), provavelmente com influência da topografia, já que se encontra em uma porção levemente elevada em relação à altura da lâmina d'água, que é baixa nesta porção, como se observa na figura do segmento, no período de estiagem (desembocadura esquerda), como mostra a figura 41.

A figura 39 (abaixo) mostra o local investigado sob regime climático distinto, cuja desembocadura esquerda encontrou-se intermitente em função do regime pluvial e morfologia do terreno.

Figura 39 – Vista da desembocadura esquerda sob período de estiagem (a) e em escoamento causado durante a quadra chuvosa (b).

Dada a distribuição espacial dos parâmetros hidráulicos, observa-se que o menor valor observado foi percebido no ponto de controle de nº 2.

Com relação ao aporte de sedimentos transportados pelo fluxo de água rio abaixo, os valores observados foram inferiores a 5%, que os classificaria como sendo muito baixos, mesmo quando avaliado o teor de sedimentos tanto no verão como no inverno, embora os sedimentos captados pelos filtros sejam de materiais finos (areia muito fina, silte, argila e resíduos orgânicos vegetais).

Os parâmetros, pedológico e geotécnico, apresentaram valores elevados, como mostra o gráfico 7, onde o menor valor ocorreu no ponto de controle nº 24 (33 pontos, média influência), ao passo que o maior foi de 43 pontos (pontos de controle nº 9, 10 e 19, se comparados com a faixa padrão estabelecida).

Esta variação pode ser vista no gráfico 7, onde a curva de tendência segmenta as informações em dois grupos distintos, onde o menor valor ocorreu no ponto 24.

Gráfico 7– Variação das propriedades geotécnicas da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.

A figura 40 corresponde a uma porção do córrego em estudo que possui quatro manilhas (na porção acima deste local passa uma estrada de terra, possuindo duas manilhas em cada segmento desta via), pode ser visto que uma delas está assoreada, cujos materiais são areno-siltosos, mesmo com nível d'água raso e com ausência de vegetação ribeirinha ao longo do canal.

Figura 40 - Vista da área localizada próxima aos pontos de controle 19 e 20 (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

De modo geral, a influência elevada deste conjunto de dados que compõe o comentado parâmetro prevaleceu (limite entre 38 a 45 pontos), tendo em vista as características geotécnicas investigadas, como elevada concentração da fração

areia, baixo teor de matéria orgânica, solos impermeáveis, soma-se a isso os problemas geotécnicos que são condicionados pelos constituintes do meio físico.

Sobre as variáveis que compõem os parâmetros ecológicos, as mesmas sofreram influência das condições do meio físico e das atividades exercidas pelo homem (sociedade), e estas mesmas atividades causam danos tanto ao homem quanto ao ambiente.

Através da análise das variáveis que compõem o aspecto ecológico, percebeu-se os valores totais variaram de 15 pontos (ponto 8) e máximo de 45 (vários pontos de amostragem apresentaram este valor, como nos pontos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 17,18, 19, 20, 21, 23 e 24 (ver gráfico 8).

Gráfico 8 – Variação das propriedades ecológicas da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.

Conforme os limites adotados em uma classificação preliminar, exibido na tabela 57, percebeu-se que o peso deste parâmetro foi marcante no processo de degradação, posto que a grande maioria dos dados que compõem este parâmetro indicou uma alta influência dos constituintes ecológicos, já que apenas um espaço amostral obteve resultado baixo, embora no extremo limite entre baixa a média

influência, sendo os demais com valores acima de 28 pontos, como mostra o gráfico 8.

A área de estudo é utilizada no presente momento para plantio de cana de açúcar, embora em meados do ano de 2011, o proprietário das terras localizadas ao longo do córrego em questão, modificou o uso da terra, de pastagem para cana de açúcar. E As práticas adotadas e a interação social com o ambiente degradou a área de estudo, como exposto e abordado.

Com relação aos dados oriundos das propriedades relacionadas ao uso da terra, a menor pontuação contabilizada foi de 41 pontos na estação 22, ao passo que o maior valor foi de 77 pontos no ponto de avaliação 17.

Com base na pontuação do parâmetro citado, a média observada por estação variou de 5,8 nos pontos 21, 22 e 24 e máxima de 7,7 no ponto de controle 17.

Figura 41 - Vista da manilha localizada entre os pontos 16 e 17 (Autor: E. J. Albuquerque Sobrinho).

A figura 41 mostra um dos locais avaliados, compreendendo um segmento do córrego em meandro, com presença de duas manilhas, onde as mesmas encontram-se parcialmente assoreadas/ entupidas, com início de erosão no contato entre o terreno e a parte em concreto.

Neste contato, a água em escoamento gera um vórtice no contato entre os diferentes materiais e ausência de espaço para escoamento, sendo que na área de estudo existe dois pontos contendo oito manilhas, posicionados no contato da drenagem com duas estradas de terras existentes (ver figuras 42 e 43).

Vale salientar que na área de estudo existem dois pontos contendo quatro manilhas por segmento, posicionados em locais com presença de estrada de terra.

A partir dessa área, observa-se que as condições médias estão, pelo menos, como sendo acima do valor definido como intermediário, tendendo a valores que classificaria os pontos como sendo de média a alta influência.

Gráfico 9 – Variação das propriedades relacionadas ao uso e ocupação ao longo da área de estudo com base no Sistema de Avaliação Geoambiental.

Com a análise dos dados que compõem este parâmetro, cujos dados encontram-se no apêndice 5, tabela 108, observou-se que a pontuação geral variou de 66 (pontos de controle 9, 10, 11, 12, 14, 15, 21, 22 e 24) e máximo de 77 (pontos de controle 17, 19 e 20).

Através da faixa limite proposta (pelo sistema de avaliação em foco), que se encontra na tabela 68, estas informações poderiam ser classificadas como sendo de alta influência (faixa limite variando de 47 a 90 pontos) em todos os pontos levantados.

A ausência de infra-estrutura (tabela 96), da localização do cultivo agrícola (tabela 104) e do tipo de cultura (tabela 104) apresentou a menor pontuação (1 ponto por variável), apesar da existência de variações (entre 3 e 5 pontos).

Vale destacar que os pontos de amostragem entre 19 a 24 apresentaram o menor valor em se tratando de infra-estrutura no controle de erosão (tabela 102).

Ao comparar a pontuação total de todos os formulários, constatou-se que a média foi de 235,67, sendo valor (total) mínimo de 206 pontos (estação 13) e, máximo de 258 pontos (estação 6).

Separadamente, o menor ponto medido poderia ser denominado como sendo muito alterado e os com pontuação superior a 350, como sendo degradado (pontos de controle de nº 1, 2, 3, 6, 9, 16, 17, 18, 19, 20 e 23).

Sendo assim, o ribeirão em questão poderia ser classificado, baseado na pontuação média, como sendo um corpo lótico degradado, de classe V.

Isto significa que o ribeirão em estudo encontra-se com alto grau de perturbação no entorno de 50 m da nascente, e vegetação ripária no trecho de 300 m, contendo solos compactados, presença intensa de gado (até meados do ano de 2011), apresenta, também, feições erosivas (lineares, ravinas e voçorocas), ampliadas pelo uso inadequado da área pela atividade antrópica, segundo definição proposta na tabela 70.

Com base na distribuição espacial destes pontos, o local observado com valor máximo está posicionado sobre o ponto 6, como se observa na figura 42.

A figura 42 mostra um dos segmentos do ribeirão onde se percebeu um conjunto de patamares causados pela ruptura de um antigo reservatório que se rompeu, causando a erosão marginal, ampliada pelo pisoteio do gado em conjunto com as condições desfavoráveis do meio físico, corroborando com os dados expostos.

Os condicionantes climáticos, geológicos, geomorfológicos, geotécnicos, ecológicos e o uso e ocupação foram predominantes no processo de degradação fluvial.

Nesta questão, os parâmetros relacionados com a hidráulica tiveram participação moderada, posto que o teor de sedimentos carregados foram relativamente baixos em função da vazão, apesar da disponibilidade de sedimentos em seu entorno.

Embora a variável climática ter tido um papel importante neste processo, observou-se que, no período de estiagem, a vazão e o teor de sedimentos totais variavam segundo a dinâmica pluvial (quadra chuvosa e de estiagem), mesmo com

chuva, o aporte de sedimento não foi significativo, segundo os parâmetros definidos na tabela 42 (ver dados de campo localizados na tabela 25).

Figura 42 - Ponto de estudo com maior pontuação total – Estação 6 (Autor: Google Earth; E. J. Albuquerque Sobrinho).

10. CONCLUSÕES

A abordagem geológico-geotécnica permite agrupar maiores detalhes investigativos, pois é uma das mais amplas e flexíveis metodologias aplicadas aos estudos ambientais, quando se tem os rios e demais corpos fluviais como objetos de estudo,.

No entanto, persiste uma certa dificuldade em comparar ambientes distintos pela ausência de padronização das variáveis (que podem ser) empregadas: depende das condições do ambiente, limitações sobre o conhecimento teórico-metodológico do investigador, investimentos financeiros para aquisição de equipamentos, número de ensaios, custos operacionais e de logística, dentre outros.

Os resultados apresentados pelo conjunto de dados expostos separadamente foram satisfatórios, pois permitiram compreender a correlação entre as condições geoambientais e a participação destas no processo de degradação ambiental.

Estas informações mostraram que a área do estudo possui características que a torna susceptível à erosão, especialmente no que diz respeito às condições pedológicas e geotécnicas, ademais, a constituição topográfica (morfologia da drenagem), por meio da inclinação das vertentes, propicia processos erosivos como tombamento, erosão marginal e feições lineares (erosão linear, ravinas e voçorocas).

Apesar do Protocolo de Avaliação de Rápidos e demais sistemas avaliativos terem um papel importante, mesmo que limitados na avaliação ambiental, como mostrado tópicos 4.4.3 e 7.2, a avaliação feita com o referencial teórico-metodológico de cunho geológico-geotécnico mostrou que a área do estudo apresentou uma elevada susceptibilidade à erosão, já que a fração areia domina os depósitos sedimentares existentes, porque pobre em matéria orgânica, que exerce um papel importante contra a erosão.

A vazão do córrego, pelo menos durante o período deste estudo, apresentou valor extremamente baixo, para que a água em escoamento exercesse um forte papel como agente causador/ amplificador da erosão marginal do Córrego das Cruzes.

Com relação às feições erosivas existentes na área de atuação do rio, percebeu-se que o uso e ocupação teve um papel forte neste processo, como

mostrado por meio do Sistema de Avaliação Geoambiental aqui proposto, embora as técnicas adotadas não mostraram tal questão e o Protocolo de Avaliação de Rápidos (adaptado de Callixto et al., 2002; XAVIER & TEIXEIRA, 2007) apresente, APENAS, três parâmetros relacionados aos fatores sociais (Tipo de ocupação das margens do corpo d'água, Alterações antrópicas e Alterações no canal do rio), as demais técnicas (???) podem ser interpretadas indiretamente, tornando assim passível de interpretação errônea por parte do aplicador da citada ferramenta de avaliação, soma-se a isso o fato de não ser adequada às questões ambientais mais complexas.

As diferentes abordagens relacionadas à análise ambiental (técnicas investigativas em geociências), mesmo com limitações entre si, podem ser empregadas. Isso também limita a comparação do objeto de estudo e aponte os agentes causadores do processo de degradação do ambiente, no caso em questão, um córrego localizado no interior do Estado de São Paulo que padece de problemas diversos.

Apesar da difusão destas técnicas no meio acadêmico e técnico, como foi demonstrado, as mesmas mostraram-se ineficientes para se inserir o fator social como agente causador de perturbações ambientais, já que o homem/sociedade exerce um agressivo papel como deflagrador ou facilitador da degradação ambiental nos diversos ambientes/ecossistemas.

Na abordagem feita pelos parâmetros morfométricos, a mesma tem um papel extremamente físico do ambiente fluvial, sendo adequado seu emprego no caso de um determinado curso d'água sofrer influência dos elementos geomorfológicos e geológicos.

A cartografia temática de cunho geotécnico é uma importante ferramenta avaliativa, embora seja um pouco limitada por questões que transcendem ao arcabouço teórico geológico-geotécnico, seja ele baseado em dados de campo e/ou ensaiados em laboratório.

Neste sentido, o uso combinado desta ferramenta como sistema de avaliação em foco, teve um papel importante para corroborar os dados do meio físico com as demais variáveis expostas.

Neste sentido, o Sistema de Avaliação Geoambiental mostrou-se flexível quanto às diferentes combinações de problemas de natureza sócio-econômico-

ambiental, apesar de ter um significativo número de variáveis que permitem “descobrir” o(s) agente(s) transformador do meio, pelo menos nas variáveis que comumente ocorrem, embora ações caóticas não tenham sido colocadas neste sistema, a fim de não dificultar a aplicação por parte de pessoas de outras áreas da ciência, no caso destas utilizarem esta técnica.

Por ser uma ferramenta de cunho quali-quantitativa, o conjunto de parâmetros aqui proposto, seguido de suas variáveis, facilita comparar rios de naturezas distintas, como se fosse uma forma de “check list”.

10.1 Sugestões de pesquisas futuras

Apesar do resultado satisfatório obtido e apresentado pelo Sistema de Avaliação Geoambiental, mostrando-se útil para o estudo de caso da área teste (Córrego das Cruzes), diferentes estudos complementares não foram realizados devido às questões de caráter financeiro, operacionais, instrumentais e tempo de execução da tese (três anos para a elaboração e conclusão da tese).

Se for dada continuidade ao estudo na área em questão, ou mesmo em outro rio/córrego, seria importante avaliar as seguintes demandas:

- Maior número de visitas de campo em momento distintos;
- Coleta de amostras indeformadas para realização de ensaio triaxial, tanto em solo quanto em rocha;
- Análise mineralógica das amostras na fração argila por meio de difração de raios-x;
- Instalação e monitoramento por meio de estação meteorológica e posto fluviométrico ao longo da drenagem ;
- E a instalação de armadilhas para captura de sedimentos ao longo das margens do citado córrego, seguido da análise e classificação geológico-geotécnica destes materiais;
- Aplicação de modelagem computacional seja por elementos finitos, *fuzzy* ou redes bayesianas.

10. BIBLIOGRAFIA

- AB´SABER, A. N. O **suporte geoecológico das florestas beiradeiras (ciliares)**. In: Matas ciliares: conservação e recuperação. R. R. RODRIGUES & H. F. LEITE FILHO (Org.). 2ª ed. São Paulo: EdUSP/ FAPESP. p. 235-247, 2001.
- ABAM, T. K. S. **Aspects of alluvial river bank recession: some examples from the Niger delta**. Environmental Geology. n. 31, v. 3/4, 211 – 220, 1997.
- ABREU, A. E. S. & AUGUSTO FILHO, O. **Mapeamento geotécnico para gestão municipal**. In: Geoténica. Revista Luso-brasileira de Geotecnia. Portugal: SPG/ ABMS/ABGE. n. 115, p. 45-80, 2009.
- ABREU, A. E. S. **Mapeamento geotécnico para gestão municipal – abordagem combinando três métodos distintos e sua aplicação em Analândia (SP)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Geotecnia) – . São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.
- ABREU, A. E. S. **Mapeamento geotécnico para gestão municipal: abordagem combinando três métodos distintos e sua aplicação em Analândia (SP)**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- ABREU, J. R. S. P. **Dinâmica da Serapilheira em um Trecho de Floresta Atlântica Secundária em Área Urbana do Rio de Janeiro**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2006.
- AFZALIMEHR, H.; SUI, J; MOGHBEL, R. **Hydraulic parameters in channels with wall vegetation and gravel bed**. International Journal of Sediment Research. v. 25, p. 81-90, 2010.
- Agência Nacional de Energia Elétrica. **Guia de práticas sedimentométricas**. N. O. Carvalho; N. P. Filizola Júnior; P. M. C. Santos; J. E. F. W. Lima (org.). Brasília: ANEEL, 2000.
- AGUIAR, A. M. **Análises hidrogeomorfológicas e hidrossedimentológicas para comparação de duas bacias hidrográficas contribuintes do reservatório de Itaipu**. 2009. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) - Faculdade de

Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Université de São Paulo, São Paulo, 2009.

- AHMED, A. A. & FAWZI, A. **Meandering and bank erosion of the River Nile and its environmental impact on the area between Sohag and El-Minia, Egypt.** Arab J. Geoscience. (ORIGINAL PAPER). 11p., 2009
- ALBUQUERQUE SOBRINHO, E. J. & ANDRADE MEIRELES, A. J. **Uma lagoa urbana em processo de extinção: propostas para recuperação da qualidade ambiental da lagoa da Maraponga, Fortaleza, Ceará / Brasil.** Geonotas (UEM), v. 8., 2004. Disponível em: <http://www.dge.uem.br/geonota>,
- ALBUQUERQUE SOBRINHO, E. J. & POLIVANOV, H. **Comportamento geomecânico de edificação em terreno sedimentar e suas repercussões geológico-geotécnicas: Copacabana/ RJ.** In: X CONGRESSO DA ABEQUA. Guarapará: ABEQUA. (cd-rom), 2005.
- ALBUQUERQUE SOBRINHO, E. J. **Análise do monitoramento geológico-geotécnico da obra de ampliação do metrô do Rio de Janeiro – RJ.** 2006. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- ALBUQUERQUE SOBRINHO, E. J. **Diagnóstico sócio-ambiental do ambiente lacustre da Maraponga Fortaleza/ CE.** In: XVIII ENCONTRO REGIONAL DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS/ ENCONTRO ESTADUAL DE GEOGRAFIA DO RN, 2001, Natal/ RN. XVIII ENCONTRO REGIONAL DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS/ ENCONTRO ESTADUAL DE GEOGRAFIA DO RN, 2001.
- ALBUQUERQUE SOBRINHO, E. J. et. al. **Análise do uso e ocupação do córrego das cruzeiras e seus impactos ambientais: Santo Antonio do Aracanguá/SP.** IN: IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ENES. Brasília: ABRH, p.11., 2010.
- ALLOWAY, B.J. & AYRES, D.C. **Chemical Principles of Environmental Pollution**, 2nd ed., New York: Chapman & Hall, 1997.
- ALMEIDA, C. L. et al. **Estimativa do potencial erosivo no município de Acopiara, CE, utilizando as ferramentas de SIG.** IN: IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ENES. Brasília: ABRH, p.12, 2010.

- ALMEIDA, F. F. M. **Síntese sobre a tectônica da Bacia do Paraná.** In: Simpósio Regional de Geologia, 3, 1981, São Paulo. Atas do Simpósio Regional de Geologia. São Paulo: SBG. v. 1. 1-20, 1981.
- ALVES, J. M. P. & CASTRO, P. T. A. **Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do Rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos.** Revista Brasileira de Geociências. v. 33, n. 2, p. 117-124, 2003.
- AMORIM, R. S. S. et al. **Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para condições edafoclimáticas brasileiras.** 2003. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Viçosa, Viçosa, 2003.
- AMORIM, R. S. S. et al. **Avaliação do desempenho dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil.** Eng. Agríc., Jaboticabal. v. 30, n.6, p. 1046-1049, 2010.
- ANA, Agência Nacional de Águas. **Banco de dados HidroWEB.** 2004. Disponível em: <http://www.ana.gov.br>.
- ANGELO, R. J. et al. **Relações entre erodibilidade e a agregação, granulometria e características químicas de solos brasileiros.**In: Revista Brasileira de Ciências do Solo. p.133-138, 1984.
- ANGRADI, T. **The large and Great River “reference problem”: Surmounting the obstacles.** In: Great Rivers Reference Condition Workshop. Cincinnati: The U.S. Environmental Protection Agency and The Council of State Governments. 2006. Acessado em 02/03/2011. Disponível em: <http://www.epa.gov/emap2/greatriver/rcw/LGRRP.pdf>
- ARID, F. M.; BARÇA, S. F.; MEZZALANA, S. **Contribuição ao estudo da Formação Caiuá.** São Paulo: Rev. IG. 2. 1: p. 5-20, 1981.
- AROVIITA, J. et al. **A priori typology-based prediction of benthic macroinvertebrate fauna for ecological classification of rivers.** Environmental Management. n. 42, p. 894–906, 2008.

- ARRAES, C. L.; BUENO, C. R. P.; PISSARRA, T. C. T. **Estimativa da erodibilidade do solo para fins conservacionistas na microbacia Córrego do Tijuco, SP.** Biosci. J., Uberlândia, v. 26, n. 6, p. 849-857, 2010.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13.133:** Execução de levantamento topográfico. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13441:** Solos e rochas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5734:** Especificação de peneiras para ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6502:** Rochas e Solos. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7181:** Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro: ABNT, 1984.
- AVILA, A. L. et al. **Caracterização da vegetação e espécies para recuperação de mata ciliar, Ijuí, RS.** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 21, n. 2, p. 251-260, 2001.
- BACELLAR, L. A. P. **Condicionantes geológicos, geomorfológicos e geotécnicos dos mecanismos de voçorocamento na Bacia do Rio Maracujá, Ouro Preto – MG.** 2000. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.
- BALESTRINI, R.; MARCELLO CAZZOLA, M.; BUFFAGNI, A. **Characterising hydromorphological features of selected Italian rivers: a comparative application of environmental indices.** Hydrobiologia. n. 516, p. 365–379, 2004.
- BANCO DO NORDESTE. **Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas.** M. C. O. Dias et al. (org.). Fortaleza: Banco do Nordeste, 1999.
- BARBOUR, M. T. & PAUL, M. J. **Adding value to water resource management through biological assessment of Rivers.** Hydrobiologia. n. 651, p. 17–24, 2010.
- BARROS, L. F. P.; RAPOSO, A. L.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. **Condicionantes antrópicos na dinâmica erosivo-deposicional da bacia do Rio Maracujá –**

- Quadrilátero Ferrífero/MG.** 2009. In: XIII Simpósio de Geografia Física (SBGFA). 15p. Disponível em: http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/062.pdf
- BASTOS, C. A. B.; MILITITSKY, J. ; & GEHLING, W. **A avaliação da erodibilidade dos solos sob o enfoque geotécnico – pesquisas e tendências.** In: Teoria e Prática na Engenharia Civil, n. 1, p.17-25, 2000.
- BATEZELLI, A. et al. **Análise estratigráfica aplicada à Formação Araçatuba (Grupo Bauru – K_s) no centro-oeste do Estado de São Paulo.** Geociências. 22. P. 5-9, 2003.
- BECKER, L. & YEH, W. **Identification of multiple reach channel parameters.** Water Resour. Res.v. 9, n. 2, p. 326–35, 1973.
- BECKER, L. & YEH, W. **Identification of parameters in unsteady open channel flow.** Water Resour. Res. v. 8, n. 4, p. 956–65, 1973.
- BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo.** 4ª Ed. São Paulo: Ícone, 1999.
- BHAKAL, L.; DUBEY, B.; SARMA, A. K. **Estimation of bank erosion in the River Brahmaputra near Agyathuri by using Geographic Information System.** Journal of the Indian Society of Remote Sensing, n. 33, v. 1, p. 81-82, 2005.
- BIELAVSKY, M. **Uso da terra na área do reservatório Guarapirangua.** Monografia (Graduação em Geografia), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- BIENIAWSKI, Z. T. **The geomechanical classification in rock engineering applications.** In: 4th Congress of the Int. Society for Rock Mech. 3v. Rotterdam: Balkemaa, 1979.
- BIGARELLA, J. J. & MAZUCHOWSKI, J. Z. **Visão integrada da problemática da erosão.** Curitiba: ABAE/ABGE, 1985.
- BIRGAND, F. **Evaluation of QUAL2E.** Acessado em 14/03/2011. Disponível em: <http://www.bae.ncsu.edu/www3/acad/Regional-Bulletins/Modeling-Bulletin/qual2e.html>
- BISWAS, S.; SUDHAKAR, S.; DESAI, V. R. **Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: a remote sensing and GIS Approach.** J. Indian Soc Remote Sens. v. 27, p. 155–166, 1999.

- BORDAS, M.P., LANNA, A.E., SEMMELMANN, F.R. **Evaluation des risques d'erosion et de sedimentation au Bresil a partir de bilans sedimentologiques rudimentaires**. In: Bordas, M.P., Walling, D.E. (Eds.), *Sediment Budgets*. IAHS, Porto Alegre, pp. 359–368, 1988.
- BOTELHO, R. G. M. & GUERRA, A. J. T. **Erosão dos solos**. In: CUNHA, S. B. da; GUERRA, A. J. T. *Geomorfologia do Brasil*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. pp.181-220, 2003.
- BOTSCHEK, J. et al. **Piping and erodibility of loessic soils in bergisches land, Nordrhein – Westfalen**. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.* n. 165, p. 241-246, 2002.
- BRAILE, P. M. & CAVALCANTE, J. E. W. A. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo: CETESB, 1979.
- BRAIONI, M. G. et al. **New environmental index for assessing river bank quality: the case of River Adige (north-east Italy)**. In: *Proceeding of International Workshop on the Ecology and Management of Aquatic-Terrestrial Ecotones*. G. L. Link & R. J. Naiman (org.). Seattle: University of Washington, pp. 86-94, 1994.
- BRAIONI, M. G. et al. **New environmental indices for assessing bank quality in restoration and sustainable management of a river: the method**. *Ecohydrology & Hydrobiology*. n. 1, v. 1/2, p. 133-154, 2001.
- BRIERLEY, G. & FRYIRS K. **River styles, a geomorphic approach to catchment characterisation: implications for river rehabilitation in Bega Catchment, New South Wales, Australia**. *Environmental Management*. n. 25, v. 6, p. 661–679, 2000.
- BRIERLEY, G. et al. **Application of the River Styles framework as a basis for river management in New South Wales, Australia**. *Applied Geography*. n. 22, p. 91–122, 2002.
- BRIGANTE, J. et al. **Caracterização física, química e biológica da água do Rio Mogi-Guaçu: um estudo no Rio Mogi-Guaçu**. In: *Limnologia fluvia*. J. Brigante & E. L. G. Espíndola (Org.). São Carlos: RiMa, pp. 77-84, 2003.
- CABRAL, I. L. L. & PRADO, R. J. **Aspectos geomorfológicos e caracterização química e estrutural de formações concrecionárias da depressão periférica (RS)**. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.9, n.2, p.39-51, 2008.

- CAETANO, G. T. **Estudo da adequação do uso do método acústico Doppler para medições de vazão a pequenos e médios cursos d'água.** 2000. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Escola de Engenharia de Itajubá, Itajubá, 2000.
- CALLISTO, M. et al. **Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ).** Acta Ilimnológica Brasileira, n. 34, p. 91-97, 2002.
- CAMBRA, M. F. E. S. & COELHO NETO, A. L. **A cidade do Rio de Janeiro e as chuvas de março/93: (des)organização urbana e inundações.** Anuário do Instituto de Geociências. n. 20, p. 55-74, 1997.
- CAMPOS, M. L.; ALMEIDA, J. A.; SOUZA, L. S. **Avaliação de três áreas de solo construído após mineração de carvão a céu aberto em Lauro Muller, Santa Catarina.** Rev. Bras. Ciênc. Solo. n. 27, v. 6, p. 1123-1137, 2003.
- CANDIDO, L. W. & ZAINE, J. E. **Identificação e mapeamento de cavas e pilhas de bota-fora de mineração como unidade geológico-geotécnica no município de Estiva Gerbi – SP, Brasil.** Guarulhos: Revista Universidade de Guarulhos/ Geosciências. n. 10, v. 6, 35-44, 2005.
- CANT, D. J. **Fluvial facies models.** In: Sandstone depositional environments. P. A. Scholle & H. C. Henkyns (Org.). American Association of Petroleum Geologists Memoire. n. 31. 115-138, 1982.
- CARDOSO, E. G. et al. **Sistema radicular da soja em função da compactação do solo no sistema de plantio direto.** Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.41, n.3, p. 493-501, 2006.
- CARVALHO, E. M. et al. **Utilização do geoprocessamento para avaliação de riscos de erosão do solo em uma bacia hidrográfica: estudo de caso da bacia do Rio Passa Cinco/SP.** In: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife: III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, p. 01-08, 2010. Disponível em: http://www.ufpe.br/cgtg/SIMGEOIII/IIISIMGEO_CD/artigos/CartografiaeSIG/SIG/A_101.pdf.

- CARVALHO, I. S. **A bacia Bauru**. In: Geologia história. Ignácio Machado Brito. (Org.). Goiânia: EdUFGO, p. 168-178, 2000.
- CARVALHO, N. O. et al. **Atualização dos estudos sedimentológicos do Rio Madeira**, RO - Período 2003/2006. IN: IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ENES. Brasília: ABRH, p.12, 2010.
- CARVALHO, N. O. et al. **Guia de avaliação de assoreamento em reservatórios**. Brasília: ANEEL, 2000.
- CARVALHO, N. O. et al. **Guia de práticas sedimentométricas**. Brasília: ANEEL, 2000.
- CELÍLIO, R. A. et al. **Aplicação dos modelos RUSLE e WEPP para a estimativa da erosão hídrica em microbacia hidrográfica de Viçosa (MG)**. Revista Verde. 4. 2: 39-45, 2009.
- CEREDA JUNIOR, A. **Mapeamento da fragilidade ambiental na bacia do Ribeirão do Monjolinho – São Carlos – SP – Utilizando ferramentas de geoprocessamento**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2006.
- CERRI, L. E. S. et al. **Cartas e mapas geotécnicos de áreas urbanas: reflexões sobre as escalas de trabalho e proposta de elaboração vom o emprego do método de detalhamento progressivo**. In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia, 8., Rio de Janeiro: ABGE, v. 2, p. 537-548, 1996.
- CHEVALLIER, P. **Aquisição e Processamento de Dados**. IN: Hidrologia: Ciência e Aplicação. C. E. M. TUCCI (Org.). Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 485-525, 2003.
- CHITALE, S. V. **River channel patterns**. Jornal Hydraulics Division. ASCE, n. 96, p. 1, p. 201-221, 1970.
- CHO, J. H. & HA, S. R. **Parameter optimization of the QUAL2K model for a multiple-reach river using an influence coefficient algorithm**. Science of the Total Environment. v. 408, p.1985–1991, 2010.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. v. 1. São Paulo: Edgard Blucher, 1981.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

- CHURCH, M. & JONES, D. **Channel bars in gravel-bed streams**. In: Gravel Bed Streams. R. D. Hey, J. C. Bathurst and C. R. Thorne. Chichester, UK, Wiley: pp. 291-338, 1992.
- COELHO NETTO, A. L. & AVELAR, A. S. **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia**. In: Geomorfologia: exercícios, técnicas e aplicações. S. B. Cunha & A. J. T. Guerra (Org.). 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 103-138, 2002.
- COELHO NETTO, A. L. **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia**. In: Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. A. J. T. Guerra & S. B. Cunha (org.). 4ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 93-148, 2001.
- COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari – SP**. 2000. 2v. Tese (Doutorado em Geotecnia). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000.
- COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL **Legislação ambiental. Controle de poluição ambiental, Estado de São Paulo (atualizado em dezembro de 1998)**. São Paulo: Série Documentos/ Secretaria de Meio Ambiente, 1999.
- COMPANHIA ESTADUAL DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Índice de Qualidade das Águas**. Acessado em 11/03/2011. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/aguas-superficiais/42-indice-de-qualidade-das-aguas-%28iqa%29>.
- CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS **Plano estadual de Recursos Hídricos: 2004 / 2007 Resumos**. São Paulo: DAEE, 2006.
- CORREA, G. T. & SOUZA FILHO, E. E. **Avaliação dos processos de erosão marginal no arquipélago floresta japonesa (Alto Rio Paraná)**. Geografia (Londrina). v. 18, p. 2, 1-20, 2009.
- CORRÊA, I. C. S. **Topografia Aplicada à Engenharia Civil**. 12ª ed. Porto Alegre: Dept. de Geodésia/ UFRGS, 137p., 2010.
- COSTA, A. N.; POLIVANOV, H. & ALVES, M. G. **Mapeamento Geológico-Geotécnico Preliminar, Utilizando Geoprocessamento, no Município de**

- Campos dos Goytacazes, Estado do Rio de Janeiro.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. v. 31, n. 1, p. 50-64, 2008.
- COSTA, I. G. D. D. **Análise do assoreamento no reservatório de Três Irmãos – SP, utilizando dados topobatimétricos, hidrológicos e técnicas de geoprocessamento.** 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.
- COSTA, O. V. 2000. **Impacto animal sobre o componente abiótico do solo: ciclagem de nutrientes e compactação.** Viçosa: Departamento de Zootecnia, Universidade Federal de Viçosa, 30p. Disponível em: <http://www.forragicultura.com.br/arquivos/IMPACTOANIMALCOMPONENTEABIOTICO.pdf>
- COSTA, T. C. C. et al. **Vulnerabilidade de sub-bacias hidrográficas por meio da equação da perda de solo e da integração de parâmetros morfométricos, topográficos, hidrológicos e de uso/cobertura da terra no Estado do Rio de Janeiro, Brasil.** In: Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science. v. 4, n. 1, p. 93-116, 2009.
- CPRM. **Geologia da borda sudeste da Bacia do Paraná.** Acessado em: 08/12/2009. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/Aparados/ap_geol_pag01.htm.
- CREPANI et al. **Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicados ao Zoneamento Ecológico Econômico e ao Ordenamento Territorial.** São José dos Campos: INPE (INPE 8454-RPQ/722), 2001.
- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo.** São José dos Campos: INPE (INPE 11237-RPQ/760), 2004.
- CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. **Degradação ambiental.** In: **Geomorfologia e meio ambiente.** A. J. T. Guerra & S. B. Cunha (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 337-379, 1996.

- CUNHA, S. B. **Geomorfologia fluvial**. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. A. J. T. Guerra & S. B. Cunha (org.). 4^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp. 211-252, 2001.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. **Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, 2007.
- DAVENPORT, A. J.; GURNELL, A. M.; ARMITAGE, P. D. **Habitat survey and classification of urban rivers**. River Res. Applic. n. 20, p. 687–704, 2004.
- de PAULO, J. R. ; BACELLAR, L. A. P.; DANDERFER FILHO, A. **Avaliação de áreas de risco geológico na Bacia de Vargem das Flores, município de Contagem e Betim – MG**. Solos e Rochas. São Paulo: ABMS/ABGE. n. 28, v. 2, p. 205-219, 2005.
- de ROO, A. P. J. et al. **LISEM: a new physically-based hydrological and soil erosion model in a GIS-environment, theory and implementation**. In: Variability in stream erosion and sediment transport. L. J. Olive, R. J. Loughran, J. A. Kesby (org). Great Britain: IAHS. v. 224, p. 439-448, 1994.
- De ROSE, R. C. & BASHER, L. R. **Measurement of river bank and cliff erosion from sequential LIDAR and historical aerial photography**. Geomorphology. n. 126, p. 132–147, 2011.
- DEERE, D. U. **Geological considerations, rock mechanics in engineering practice**. R. G. Stagg & D. C. Ziekiewicz (Org.). NY: Wiley, pp. 1-20, 1964.
- DEERE, D. U. **Quality Rock Designation (RQD) after twenty years**. U.S. Army Corps of engineers contract report GL-89-1. Waterways Experiment Station. Vicksburg: MS, 67pp., 1989.
- della FONTANA, G. & MARCHI, L. **Slope area relationships and sediment dynamics in two alpine streams**. Hydrol. Process. v. 17, p. 73–87, 2003.
- DEMATTÊ, J.A.M. & DEMÉTRIO, V.A. **Fotointerpretação de padrões de drenagem de bacias hidrográficas na caracterização de solos desenvolvidos de rochas eruptivas básicas no Estado do Paraná**. Sci. Agrícola. v. 52, n. 3, p. 569-577, 1995.

- DENG, Y. X.; WILSON, J. P.; SHENG, J. **Effects of Variable Attribute Weights on Landform Classification**. Earth Surf. Process. Landforms. v. 31, p. 1452–1462, 2006.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. **Geologia do Brasil**. C. Schobbenhaus; D. A. Campos; G. R. Derze; H. E. Asmus (Coord.). Brasília: DNPM, 1984.
- DILLENBURG, A. K. **A importância do monitoramento ambiental na avaliação da qualidade de um rio – estudo de caso – Mercedes, PR**. Revista Urutágua. v. 12. p. 1-10, 2007.
- DIODATO, N. **Geostatistical uncertainty modelling for the environmental hazard assesment during single erosive rainstorm events**. Environmental Monitoring and Assessment. v. 105, p. 25-42, 2005.
- DIRECTIVE, 2000/60/EC. **Water Framework Directive of the European Parliament and of the Council of 23 October, 2000**.
- DOEGLAS, D. J. **The structure of sedimentary deposits of braided rivers**. Sedimentology, v.1, p. 167-193, 1962.
- DOTTO, S. E.; SANTOS, R. F.; SINGER, E. M. **Determinação de um índice de qualidade de água para algumas culturas irrigadas em São Paulo**. Bragantia, Campinas, v.55, n.1, p.193-200, 1996.
- DURY, G. H. **Relation of morphometry to runoff frequency**. In: Water, earth and man. R. J. Chorley (ed.). Londres: Methuen & Co. 419-430p., 1969.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do Algodão Irrigado**. Acessado em 08/02/2011. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoIrrigado/solos.htm>.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo. Centro Nacional de Pesquisa de Solos**. 2^a ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 212p., 1997.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Reunião técnica de levantamento de solos**, 10., 1979, Rio de Janeiro. Súmula... Rio de Janeiro, 83 p., 1979.

- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Biological criteria for the protection of aquatic life. Division of Water Quality Monitoring Assessment.** Columbus, Ohio, v. 1-III, p.120., 1987.
- ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **Stream flow.** In: ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Volunteer stream monitoring: a methods manual. Washington: EPA, pp. 134-138, 1997.
- ESPINDOLA, G. M. et. al. **Agricultural land use dynamics in the Brazilian Amazon based on remote sensing and census data.** Applied Geography. v. 32, p. 240-252, 2012.
- EVETTE, A. et al. **History of Bioengineering Techniques for Erosion Control in Rivers in Western Europe.** Environmental Management. n. 43, p.972–984, 2009.
- FERNANDES, A. **Fitogeografia brasileira.** 2ª ed. Fortaleza: Multigraf, 2000.
- FERNANDES, D. O. **Erodibilidade de matérias inconsolidados da bacia do Ribeirão Samambaia (Região de São Pedro –SP).** Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- FERNANDES, L. A. & COIMBRA, A. M. **Revisão estratigráfica da parte oriental da Bacia Baruru (Neocretáceo).** Revista Brasileira de Geociências. 30. 4: p. 717-728, 2000.
- FERNANDES, L. A. **Mapa litoestratigráfico da parte oriental da bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1.000.000.** Boletim Paranaense de Geociências. v.55, p. 53-66, 2004.
- FERREIRA, G. C. **Interferências ambientais e legais entre as atividades de mineração e a implantação e operação de gasodutos.** Tese (Livre-docente em Lavra de Minas e Tratamento de Minérios). Rio Claro: UNESP, 107p., 2011.
- FERREIRA, M. D. & PEJON, O. J. **Análise temporal das feições erosivas lineares: São Pedro/SP.** In: Cartografia Geotécnica e Geoambiental. conhecimento do meio físico: base para a sustentabilidade. O. J. Pejon & L. V. Zuquette (org.). 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental. São Carlos: Suprema Gráfica Editora. p. 131-139, 2004.

- FIGUEIREDO, M. A. G. **Avaliação e mapeamento de áreas prioritárias para a recuperação e a preservação dos recursos hídricos no município de Cachoeira de Minas – MG, com o auxílio de geoprocessamento.** 2009. Monografia (Especialização em Gerenciamento Municipal de Recursos Hídricos). Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- FILIZOLA, N. **O fluxo de sedimentos em suspensão nos rios da Bacia Amazônica brasileira.** Agência Nacional de Energia Elétrica, Brasília, p.63, 1999.
- FONTES, S. B. **Estudo geoambiental da bacia do Rio Pardo, a partir da compartimentação em ottobacias: escala 1:100.000.** 2004. 2v. Tese (Doutorado em Geotecnia) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.
- FRANCESCHET, I. et al. **Erosão hídrica e infiltração de água no solo em sistemas de manejo na microbacia do Rio Caiabi – Bacia Amazônica.** IN: IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ENES. Brasília: ABRH, p.14, 2010.
- FRYIRS, K. **Guiding principles for assessing geomorphic river condition: application of a framework in the bega catchment, South Coast, New South Wales, Australia.** Catena. v. 53, p. 17–52, 2003.
- FULAZZAKY, M. A.; SEONG, T. W.; MASIRIN, M. I. M. **Assessment of Water Quality Status for the Selangor River in Malaysia.** Water Air Soil Pollut. v. 205, p. 63–77, 2010.
- Geological Society Engineering Group Working Party Report. **Tropical residual soil.** The Quarterly Journal of Engineering Geology. v. 23, n. 1, p. 4-101, 1990.
- GIBBS, R. J. **Amazon rivers: environmental factors that control its dissolved and suspended load.** Science. v. 156, p. 1734–1737, 1967.
- GIBOSHI, M.L. **Desenvolvimento de um sistema especialista para determinar a capacidade de uso da terra.** 1999. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Produção Agropecuária). Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

- GILSANZ, J. P. **Morfometría o geometría del relieve**. In: Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones. J. P. Gilsanz (org.). Madrid: Ruenda S. L. p. 51-62, 1996.
- GONÇALVES, F. A. **Erosividade das chuvas no Estado do Rio de Janeiro**. 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- GONÇALVES, W. G. et al. **Sistema radicular de plantas de cobertura sob compactação do solo**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.26, n.1, p.67-75, 2006.
- GOULDING, M., BARTHEM, R., FERREIRA, E. **The Smithsonian Atlas of the Amazon**. Smithsonian Institution press, Washington, 2003.
- GOURNELLOS, T; EVELPIDOU, N.; VASSILOPOULOS, A. **Developing an Erosion Risk Map Using Soft Computing Methods (Case Study at Sifnos Island)**. Natural Hazards. v. 31, p. 63–83, 2004.
- GRIGIO, A. M. **Aplicação do sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica na determinação da vulnerabilidade natural e ambiental do Município de Guaramé (RN): simulação de risco às atividades da indústria petrolífera**. 2003. Dissertação (Mestrado em Geodinâmica e Geofísica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal: UFRN, 2003.
- GROSSI, C. H. **Diagnóstico e monitoramento ambiental da microbacia hidrográfica do Rio Queima-Pé, MT**. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", 2006.
- GUERRA, A. J. T. **Processos erosivos nas encostas**. In: **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. A. J. T. Guerra & S. B. Cunha (org.). 4^a ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, pp.149-209, 2001.
- HANCOCK, G. R. **The impact of depression removal on catchment geomorphology, soil erosion and landscape evolution**. Earth Surf. Process. Landforms. v. 33, p. 459–474, 2008.
- HANNAFORD, M. J.; BARBOUR, M. T.; RESH, V. H. **Training reduces observer variability in visual-based assessments of stream habitat**. J. N. Am. Benthol. Soc. v. 16, n. 4, p. 853-860, 1997.

- HARGETT, E. G., ZUMBERGE, J. R., HAWKINS, C. P. **Development of a RIVPACS model for Wadeable streams of Wyoming.** Wyoming: Wyoming Department of Environmental Quality/ Water Quality Division, 27p., 2005.
- HERING, D. et al. **Preface. Integrated assessment of running waters in Europe.** Hydrobiologia. v. 516, p. vii–ix, 2004.
- HILL, M.O. **TWINSpan—a FORTRAN program for arranging multivariate data in an ordered two-way table by classification of the individuals and attributes.** New York: Cornell University, Ithaca, 90p., 1979.
- HILLDALE, R. C. & RAFF, D. **Assessing the ability of airborne LiDAR to map river bathymetry.** Earth Surf. Process. Landforms. v. 33, 773–783, 2008.
- HILLS, R. C. **The determination of the infiltration capacity on field soils using the cylinder infiltrometer.** British Geomorphological Group, Technical Bulletin, v. 3, 25p., 1970.
- HOLMES, N.T.H.; BOON, P.J.; ROWELL, T.A. **A revised classification system for British rivers based on their aquatic plant communities.** Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. v. 8, p. 555–578, 1998.
- HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology.** Bull. Geol. Soc. Am. v. 56, p.275–370, 1945.
- HORTON, R. E. **The role of infiltration in the hydrological cycle.** Trans. Am. Geophys. Union. v. 14, p. 446-460, 1932.
- HUANG, Y. et al. **Spatial Integrated Analysis on Water Erosion of Yellow River China.** Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS 2002. IEEE International. v. 4, p. 2411-2413, 2002.
- IAEG COMMISSION “ENGINEERING GEOLOGICAL MAPPING”. **Classification of rocks and soils for engineering geology mapping. Part 1: rock and soil materials.** Krefeld. v. 19. p. 123-371, 1979.
- IMESON, A. & CURFS, M. **Erosão do solo.** 2010. Acessado em 20/01/2011. Disponível em: http://geografia.fcsh.unl.pt/lucinda/Leahesflets/B1_Leaflet_PT.pdf

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manuais Técnicos em Geociências Nº 4. Manual Técnico de Pedologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2007.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. Escala - 1:1.000.000**. São Paulo, IPT. v.1., 1981a. 94p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo. Escala - 1:500.000**. São Paulo, ITP. v.1. 1981b. 126p.
- JEPSEN, R.; ROBERTS, J.; LICK, W. **Effects of bulk density on sediment erosion rates**. Water, Air and Soil Pollution. v. 99, p. 21-31, 1997.
- JOHNSON, K. K. & LOVING, B. L. **Use of an Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) to Measure Hypersaline Bidirectional Discharge**. Acessado em 25/07/2011. Disponível em: <http://hydroacoustics.usgs.gov/publications/KJBiflow.pdf>
- JUNG, K.; J. D. NIEMANN; HUANG, X. **Under what conditions do parallel river networks occur?** Geomorphology. v. 132, p. 260–271, 2011.
- KANNEL, P. R. et al. **Application of water quality indices and dissolved oxygen as indicators for river water classification and urban impact assessment**. Environ. Monit. Assess. v. 132, p. 93–110, 2007.
- KAYO, E. K. & SECURATO, J. R. **Método Delphi: fundamentos, críticas e vieses**. Cadernos de Pesquisa em Administração. v. 1, n. 4, 51-61, 1997
- KENT, M. & COKER, P. **Vegetation description and analysis - a practical approach**. John Willey & Sons. 1994.
- KÖPPEN, W. & GEIGER, R. **Klima der Erde (Climate of the Earth)**. Wall Map 1:16 Mill. Klett-Perthes, Gotha, 1954.
- KÖPPEN, W. **Die Wärmezonen der Erde, nach der Dauer der heissen, gemässigten und kalten Zeit und nach der Wirkung der Wärme auf die organische Welt betrachtet (The thermal zones of the Earth according to the duration of hot, moderate and cold periods and of the impact of heat on the organic world)**, Meteorol. Z. n. 1, p. 215-226, 1984. Disponível em: http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1884.pdf

- KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. Wall-map 150cmx200cm, 1928.
- KRUEGER, C. P. **Integração do GPS e da ecobatimetria**. Bol. Ciênc. Geod., Curitiba, v. 5, p.55-68, 1999.
- KRUPEK, R. A. **Análise comparativa entre duas bacias hidrográficas utilizando um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats**. Guarapuava: Ambiência. n. 6, v. 1, p. 147 – 158, 2010.
- LACERDA, W. A. **Comportamento geomecânico de massas coluviais**. In: Anais do III Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, Geosul '2002. E. Odebrecht et al. (org.). Porto Alegre: Ed. Pallotti. pp. 219-223, 2002.
- LAL, R. **Soil erosion in the tropics - principles and management**. McGraw-Hill, 580p.,1990.
- LANA, C. E.; ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. **Análise morfométrica da bacia do Rio do Tanque, MG - Brasil**. Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto, v. 54. n. 2, p. 121-126, 2001. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-446720010002000008&lng=en&nrm=iso. access on 16 Mar. 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0370-446720010002000008>.
- Land & Water Australia. **Case Study 23. River Styles – a generic geomorphic framework to assess catchment character**. Acessado em 25/06/2011. Disponível em: <http://lwa.gov.au/files/products/land-and-water-australia-corporate/ew071245/ew071245-cs-23.pdf>
- LANZANOVA, M. E. et al. **Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto**. R. Bras. Ci. Solo, v. 31, p. 1131-1140, 2007.
- LANZANOVA, M. E. et al. **Efeito do pisoteio bovino na infiltração de água de um argissolo vermelho-amarelo**. Acessado em 27/06/2011. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/CBCS_RECIFE/MANEJO%20E%20CONSERVA%C7%C3O%20DO%20SOLO%20E%20DA%20C1GUA/pdf/Mastrangel%20Lanzanova.pdf.

- LAWLER, D. M. **The measurement of river bank erosion and lateral channel change: A review.** Earth Surface Processes and Landforms. v. 18, n. 9, p. 777–821, 1993.
- LEGLEITER, C. J.; ROBERTS, D. A.; LAWRENCE, R. L. **Spectrally based remote sensing of river bathymetry.** Earth Surf. Process. Landforms. v. 34, p. 1039–1059, 2009.
- LEI, T. et al. **Run off-on-out method and models for soil infiltrability on hill-slope under rainfall conditions.** Science in China: Series D. Earth Sciences. V. 49, n. 2, p. 193–201, 2006.
- LEITE C. B. B. **Avaliação do impacto do reservatório de Três Irmãos sobre a superfície potenciométrica do Aquífero Livre na cidade de Pereira Barreto (SP) – uma abordagem numérica e geoestatística.** 2005. Tese (Doutorado em Geociências), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2005
- LEMES, M. J. L. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas e sedimentos das Bacias Hidrográficas dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo.** 2001. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Aplicações) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.
- LEOPOLD, L. B. & WOLMAN, M. G. **River channel patterns: braided, meandering and straight.** USGS Prof. Paper. n. 282-B, p. 39-84, 1957.
- LÉVY, S. et al. **Erosion and channel change as factors of landslides and valley formation in Champlain Sea Clays: The Chacoura River,;** Quebec, Canada, Geomorphology. In Press, Accepted Manuscript doi: 10.1016/j.geomorph.2011.09.014
- LIMA, E. R. V. **Erosão do solo: fatores condicionantes e modelagem matemática.** Revista Cadernos do Logepa. v. 1. n. 1, 2003. Disponível em: http://www.geociencias.ufpb.br/logepa/revistas/pesquisa/ano1_n1/ano1_n1_artigo1.htm
- LIN, Q. & WANG, X. **Soil Erosion Prediction Using RUSLE with GIS, A case study in upper Chaobai River basin of China.** Geoscience and Remote

- Sensing Symposium, 2006. IGARSS 2006. IEEE International Conference on 2006. v.1, p. 1086-1089, 2006.
- LIPORACI, S.R.; ZUQUETTE, L.V. **Uma contribuição à geologia do maciço alcalino de Poços de Caldas – MG: mapa do substrato rochoso.** In: Geociências. São Paulo: EdUnesp, v. 14. n.1, p. 179-197, 1995.
- LOCH, C. & CORDINI, J. **Topografia contemporânea: planimetria.** 2ª ed. Rev. Florianópolis: EdUFSC, 2000.
- LÓPEZ, J. L. S. **Channel Response to Gravel Mining Activities in Mountain Rivers.** Journal of Mountain Science. n.1, v. 3, p. 264-269, 2004.
- LORANDI, R. et al. **Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia do Córrego do Monjolinho (São Carlos, SP).** In: Revista Brasileira de Cartografia, n. 53, p. 111-117, 2001.
- LOUREIRO, D. D. T. **Métodos computacionais e novas tecnologias para o monitoramento do transporte de sedimentos em rios: necessidade de dados e incertezas envolvidas.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008.
- LOURES, S. S. A. **Ambientes, Uso e Ocupação do Solo e Zoneamento Estratégico para as Sub-bacias dos Rios Jacupiranga e Pariquera-Açu, Vale do Ribeira, SP.** 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa 2008.
- LUGÃO, C. W.; CALIJURI, L. M.; LOURES, S. S. P. **Caracterização da bacia hidrográfica do Rio Jacupiranguinha.** In: Subsídios para a sustentabilidade dos recursos hídricos: um estudo de caso em sub-bacias do Baixo Ribeira de Iguape, São Paulo, Brasil. M. C. CALIJURI; A. C. P. MIWA; P. B. FALCO (Org.). São Carlos: EESCUSP, p.17-32, 2009.
- MACCARINI, M. (2002). **Observações do comportamento mecânico de solos moles na duplicação da Br 101/ SC.** In: Anais do III Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, Geosul '2002. E. Odebrecht et al. (org.). Porto Alegre: Ed. Pallotti. 219-231.
- MACHADO, R. E. **Simulação de escoamento e de produção de sedimentos em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e**

- geoprocessamento**. 2002. Tese (Doutrado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- MACIEL FILHO, C. L. **Introdução à geologia de engenharia**. Brasília: CPRM/UFSM, 1994.
- MACKA, Z. **Determination of texture of topography from large scale contour maps**. Geografski Vestnik. v. 73, n. 2, 53–62, 2001.
- MAGRO, T. C. & TALORA, D. C. **Planejamento e manejo de trilhas e impactos na flora**. Acessado em: 01/10/2012. Disponível em: [http://arquivo.rosana.unesp.br/docentes/fernando/ECO%20II/MAGRO.%20Planejamento%20e%20manejo%20de%20trilhas%20e%20impactos%20na%20flora%20\(CNPMT\).pdf](http://arquivo.rosana.unesp.br/docentes/fernando/ECO%20II/MAGRO.%20Planejamento%20e%20manejo%20de%20trilhas%20e%20impactos%20na%20flora%20(CNPMT).pdf)
- MANABE, S. & VESEROLD, R. **Variations in Water Resources at the Century Scale as a Consequence of Global Warming**, Vsemirnaya konf. po izmeneniyu kli_mata. Tez. dokl. World Conference on Climate Change. Abstracts of Papers), Moscow, pp. 14–15, 2003.
- MARCHI, L. & Dalla FONTANA, G. GIS morphometric indicators for the analysis of sediment dynamics in mountain basins. Environ. Geol. v. 48, p. 218–228, 2005.
- MARINS, R. V. et al. **Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira**. Quim. Nova. v. 27, n. 5, 763-770, 2004.
- MARQUES, J. J. G. S. M. et al. **Estimativa da erodibilidade a partir de atributos de solos com horizonte b textural no Brasil**. R. bras. Ci. Solo, Viçosa, v. 21, p. 457-465, 1997.
- MARTIN, S. R.; MCCOOL, S. F.; LUCAS, R. C. Wilderness campsite impacts: Do managers and visitors see them the same? Environmental Management. v. 13, n. 5, p. 623-629, 1989.
- MARTINEZ, J.M. et al. **Increase in suspended sediment discharge of the Amazon River assessed by monitoring network and satellite data**. Catena. 79. 257–264, 2009.
- MARTINEZ, J.M. et al. **Surface water quality monitoring in large rivers with MODIS data application to the amazon basin**. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2007. IGARSS 2007. IEEE International. Disponível em:

[http://ieeexplore.ieee.org.ez67.periodicos.capes.gov.br/stamp/stamp.jsp?tp=&ar
number=4423873](http://ieeexplore.ieee.org.ez67.periodicos.capes.gov.br/stamp/stamp.jsp?tp=&ar
number=4423873)

- MARTINS, J. A. **Escoamento superficial**. In: **Hidrologia básica**. N. S. Pinto et al. (Org.). São Paulo: Blucher. pp. 36 – 23, 1976a.
- MARTINS, J. A. **Escoamento superficial**. In: **Hidrologia básica**. N. S. Pinto et al. (Org.). São Paulo: Blucher. pp. 44 – 55, 1976b.
- MATULA, M. **Principles and types of engineering geological mapping. Report of the omission on engineering geological mapping**. Bulletin the International Association of engineering geology. v. 24, 227-234, 1976.
- MEADE, R.H., et al. **Sediment loads in the Amazon River**. Nature, v. 278, p. 161–163, 1979.
- MEDINA JÚNIOR, P. B. **Avaliação dos impactos da visitação pública no Rio Formoso, Bonito, MS, Brasil: subsídios à gestão ambiental do turismo em áreas naturais**. 2007. Tese (Doutrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.
- MEDRADO, W. A. **Caracterização geotécnica de solo da região norte de minas gerais para aplicação em obras rodoviárias**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geotecnia) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.
- MEIDA, C. L. et al. **Estimativa do potencial erosivo no município de Acopiara, CE, utilizando as ferramentas de SIG**. IN: IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos – ENES. Brasília: ABRH, p.14, 2010.
- MEIRELES, A. J. A. & CAMPOS, A. A. **Componentes geomorfológicos, funções e serviços ambientais de complexos estuarinos no nordeste do Brasil**. Revista da ANPEGE. v. 6. p.89-107, 2010.
- MELLO, G.; BUENO, C. R. P.; PEREIRA, G. T. **Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas**. R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.10, n.2, p.315–322, 2006.
- MELOS, A. R.; SATO, A. M. & COELHO NETTO, A. L. **Produção, Estoque e Retenção Hídrica da Serrapilheira em Encosta Sob Plantio de híbridos de**

- Eucalyptus urophylla* e *Eucalyptus grandis*: Médio Vale do Rio Paraíba do Sul.** Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ. v. 33, n. 2, p.66-73, 2010.
- MELTON, M. A. **An anlysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomophology.** Technical Report. 11. Dept. Geology, Columbia University, 1957.
- MENDES, C. A. R. **Erosão superficial em encosta íngreme sob cultivo perene e com pousio no município de Bom Jardim – RJ.** 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- MENDES, C. M. & MENDIONDO, E. M. **Histórico da expansão urbana e incidência de inundações: o caso da Bacia do Gregório, São Paulo – SP.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 12, n. 1, 17-27, 2007.
- MENDICINO, G. **Sensitivity Analysis on GIS Procedures for the Estimate of Soil Erosion Risk.** Natural Hazards, n. 20, p. 231–253, 1999.
- MENESCAL, R. A.; FIGUEIREDO, N. N.; FRANCO, S. R. **A problemática das enchentes na região metropolitana de Fortaleza.** In: A segurança de barragens e a gestão de recursos hídricos no Brasil. R. A. Mensecal (org.). 2ª Ed. Brasília: Proágua. p. 235-252, 2005.
- MENEZES, M. B. M. **Análise da influência do teor de umidade na absorção d'água e sucção dos solos em estudo de erodibilidade.** 2010. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.
- MIGUEL, F. R. M.; VIEIRA, S. R.; GREGO, C. R. Variabilidade espacial da infiltração de água em solo sob pastagem em função da intensidade de pisoteio. Pesq. Agropec. Bras., Brasília, v.44, n.11, p.1513-1519, 2009.
- MIKHAILOV, V. N. **Water and Sediment Runoff at the Amazon River Mouth.** Water Resources. v. 37, n. 2, p. 150–163, 2010.
- MILAN,D. J.; HERITAGE, G, L.; HETHERINGTON, D. **Application of a 3D laser scanner in the assessment of erosion and deposition volumes and channel change in a proglacial river.** Earth Surf. Process. Landforms. 32, p.1657–1674, 2007.

- MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. C. S. Carvalho; E. S. Macedo; A. T. Ogura (ord.). Brasília: Ministério das Cidades/ Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.
- MINOTI, R. T. **Abordagens Qualitativa e Quantitativa de Micro-bacias Hidrográficas e Áreas Alagáveis de um Compartimento do Médio Mogi-Superior/SP**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- MIRANDA, J. G. **Mapeamento geotécnico e estudo da susceptibilidade à erosão na bacia do Ribeirão Ponte de Pedra (MT), escala 1: 100.000**. 2005. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- MOLINIER, M. et al. **Les regimes hydrologiques de l'Amazonie et de ses affluents**. In: Chevallier, P., Pouyaud, B. (Eds.), L'hydrologie tropicale: geoscience et outil pour le developpement. AIHS, Paris, pp. 209–222, 1996.
- MORAES, A. R. et al. **Recursos naturais: solos**. Acessado em 09/02//2012. Disponível em: <http://educar.sc.usp.br/ciencias/recursos/solo.html>
- MORAIS, F. **Estudo dos pocessos erosivos subsuperficiais na Bacia do Rio Maracujá, MG**. 2003. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) - Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2003.
- MORAIS, F.; BACELLAR, L. A. P.; SOBREIRA, F. G. **Análise da erodibilidade de saprolitos de gnaiss**. R. Bras. Ci. Solo, v. 28, p.1055-1062, 2004.
- MORELLI, S. et al. **Urban planning, flood risk and public policy: The case of the Arno River, Firenze, Italy**. Applied Geography. v. 34, p.205-218, 2012.
- MORENO, M. I. C. & CARDOSO, E. **Utilização do método TWINSPAN na delimitação de formações vegetacionais do cerrado**. Caminhos de Geografia. v. 16, n. 16, p.108 – 116, 2005.
- MOROZ, I. C.; GOUVEIA, J. M. C.; ROSS, J. L. S. **Características geomorfológicas e hidrodinâmicas do Campus USP-Leste, anteriores à sua implantação**. Ana Luiza Coelho Netto & André de Souza Avelar (Org.). In: I Encontro IALE-BR de Degradação Ambiental, Resultantes Geo-Hidroecológicas e Desafios à Reabilitação Funcional da Paisagem. Rio de

- Janeiro, Vale do Paraíba do Sul, São Paulo. Rio de Janeiro: UFRJ/Geoheco. p. 27-29, 2007.
- MOTA, S. **Preservação e conservação de recursos hídricos**. 2ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 1995.
- MOUTINHO, L. PORSANI, J. L.; PORSANI, M. J. **Deconvolução preditiva de dados GPR adquiridos sobre lâmina d'água: exemplo do Rio Taquari, Pantanal Matogrossense**. Revista Brasileira de Geofísica. v. 23, n. 1, p.61-74, 2005.
- MOYLES, D. et al. **Hydrographic Mapping by Combined Operations Using Bathymetric LIDAR and Multibeam Echosounder in Alaska**. Acessado em 01/08/2011. Disponível em: http://www.thsoa.org/hy05/04_5.pdf
- MYERS, N. **Deforestation Rates in Tropical Forests and their Climatic Implications**. Friends of the Earth Report, London, 1989.
- NAHON, I. M.; KISHI, R.T.; FERNANDES, C. V. S. **Desenvolvimento de um Sistema de Apoio à Análise de Outorga de Lançamento de Efluentes - Estudo de Caso: Bacia do Alto Iguaçu**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v.14, n. 2, p. 47-58, 2009.
- NANSON, G.C. & YOUNG, R.W. **Downstream reduction of rural channel size with contrasting urban effects in small coastal streams of southeastern Australia**. Journal of Hydrology. v. 52, p. 239-255, 1981.
- NASCIMENTO, F. R. **Categorização de usos múltiplos dos recursos hídricos e problemas ambientais**. Anpege. v. 7, n. 1, p.81-97, 2011.
- NASCIMENTO, P. S. R. & GARCIA, G. J. **Compartimentação fisiográfica para análise ambiental do potencial erosivo a partir das propriedades da rede de drenagem**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v. 25, n.1, p.231-241, 2005.
- NEGREIROS, A. B. & COELHO NETTO, A. L. **Reabilitação funcional de clareira de deslizamento em encosta íngreme no domínio da floresta atlântica, Rio De Janeiro (RJ)**. Revista Brasileira de Geomorfologia. v. 10, n. 1, p.85-93, 2009.
- NEVES, F. F. **Análise prospectiva das áreas de risco à erosão na microbacia hidrográfica do Rio Bonito (Descalvado – SP), potencial poluidoras por dejetos de grajas**. 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia

- Ambiental). - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.
- NICHOLS, G. **Rivers: the fluvial environment**. In: Sedimentology and stratigraphy. Great Britain: Blackwell Science, p. 111-127, 1999.
- NOGAMI, J. S. & VILLIBOR, D. F. **Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos**. São Paulo: Ed. Villibor, p. 213, 1995.
- OLIVEIRA et al. **Mercúrio total em solos de manguezais da baixada santista e ilha do cardoso, Estado de São Paulo**. Quim. Nova. v. 30, n. 3, 519-524, 2007.
- OLLIER, C. **Tectonics and landforms**. In: C. Ollier (Ed.) Series Geomorphology texts. New York: Clayton, p.161-180, 1981.
- OMETTO, J.C. **Bioclimatologia vegetal**. São Paulo: CERES, 1981.
- ONYANDO, J. O.; KISOYAN, P.; CHEMELI, M. C. **Estimation of Potential Soil Erosion for River Perkerra Catchment in Kenya**. Water Resources Management. v. 19, p. 133–143, 2005.
- OZDEMIR, H. & BIRD, D. **Evaluation of morphometric parameters of drainage networks derived from topographic maps and DEM in point of floods**. Environ Geol. v. 56, p.1405–1415, 2009.
- PALHARES J, C.P. et al. **Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador**. Concórdia: EMBRAPA. Comunicado Técnico, n. 455. 4p., 2007
- PANKAJ, A. & KUMAR, J. **GIS-based Morphometric Analysis of Five Major Sub-watersheds of Song River, Dehradun District, Uttarakhand with Special Reference to Landslide Incidences**. J. Indian Soc. Remote Sens. v. 37, p.157–166, 2009.
- PARK, S.S.; LEE, Y. S. **A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea**. Ecological Modellig. 152, 65-75p., 2002. Acesso em: 10 de janeiro de 2006. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VBS-44VX0SX-3e_user=686451e_coverDate=06%2F15%2F2002e_rdoc=1e_fmt=e_orig=searche_sort=deviue=ce_acct=C000037559e_version=1e_urlVersion=0e_userid=686451emd5=3b8debf10fa9ca2bfba95759489b74d1.

- PARZANESE, G. A. C. **Gênese e desenvolvimento das voçorocas em solos originados de rochas granitóides da região de Cachoeira do Campo, Minas Gerais.** 1991. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1991.
- PATTON, P. C. & BAKER, V. R. **Morphometry and floods in small drainage basins subject to diverse hydrogeomorphic control.** Water Resources Research. v. 12, n. 5, p.941-952, 1976.
- PATTON, P. C. **Drainage basin morphometry and floods.** In: Baker VR, Kochel RC, Patton PC (eds) Flood geomorphology. Wiley, USA, pp 51–65, 1988.
- PAULA E SILVA, F. et al. **Sucessão sedimentar do Grupo Bauru na região de Pirapozinho (SP).** Geociências. 25. p. 17-26, 2006.
- PAULA E SILVA, F. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo.** 2003. 166p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 2003.
- PAULA E SILVA, F.; CHANG, H. K.; CAETANO-CHANG, M. R. **Perfis de referência do Grupo Bauru (K) no Estado de São Paulo.** Geociências. 22. p. 21-32, 2003.
- PEDRO, F. G. & LORANDI, R. **Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP.** In: Revista Brasileira de Cartografia. n. 56/01, p. 28 – 33, 2004.
- PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. **Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification.** Hydrol. Earth Syst. Sci., n. 11, pp.1633–1644, 2007.
- PEJON, O. J. & SILVEIRA, L. L. L. **Index properties to predict erodibility of tropical soil.** Bull. Eng. Geol. Environ. v. 66, p. 225–236, 2007.
- PEJON, O. J. **Mapeamento geotécnico regional da folha Piracicaba – SP escala 1:10.000: estudo de aspectos metodológicos, de caracterização e de apresentação de atributos.** 1992. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

- PELLETIER, G. J.; CHAPRA, S. C.; TAO, H. **QUAL2Kw – a framework for modeling water quality in streams and rivers using a genetic algorithm for calibration**. Environmental Modelling & Software. n. 21: pp.419-425, 2006.
- PEREIRA, A. R., ANGELOCCI, L. R., SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: Fundamentos e Aplicações Práticas**. Livraria e Editora Agropecuária LTDA, RS, pp. 478, 2002.
- PIMENTEL, D. et al. **Environmental and Economic Costs of Soil Erosion and Conservation Benefits**. SCIENCE. n. 267. p. 24, 1995.
- PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M. & RODRIGUES, S. C. **Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia – MG**. In: Sociedade & Natureza. Uberlândia: EDUFU. 20. 2: pp.5-18, 2008.
- PINTO, C. S. **Curso básico de macânica dos solos em 16 aulas**. 3ª ed. São Paulo: Oficina de textos, 2006.
- PIRES NETO, A. G. **As abordagens sintético histórica e analítico dinâmica, uma proposição metodológica para a geomorfologia**. 1991. Tese (doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.
- PONS, N. A. D. **Levantamento e diagnóstico geológico-geotécnico de áreas degradadas na cidade de São Carlos – SP, com auxílio de geoprocessamento**. 2006. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- PRANDI, E. C. & VILAR, O. M. **Erosão dos solos**. In: Solos do interior de São Paulo. São Carlos: ABMS, v. 1, 1993.
- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Geo Brasil. Recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o Estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil**. Brasília: MMA/ANA, 2007.
- QUINTAS, M. C. L. **Um estudo de compensação isostática para a bacia do Paraná**. In: Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v. 8, n. 2, p.93-108, 2002.
- QUINTON, J. N. et al. **The impact of agricultural soil erosion on biogeochemical cycling**. Nature Geoscience. n. 3, p. 311 – 314, 2010.
- RAIMUNDO, H. A.; SANTOS, G. T.; DIAS, R. D. **Aspéctos geotécnicos do contato granito/diabásio associados à instabilidade de encostas em Florianópolis**

- **SC**. In: Anais do III Simpósio de Prática de Engenharia Geotécnica da Região Sul, Geosul '2002. E. Odebrecht et al. (org.). Porto Alegre: Ed. Pallotti. p. 251-263, 2002.
- RAPOSO, A. A. et al. **Reflexos de pressões antrópicas e da erosão acelerada sobre a dinâmica fluvial da bacia do Ribeirão Sardinha – Quadrilátero Ferrífero / MG**. 2010. 15p. Acessado em: 14/07/2010. Disponível em: www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3-009.pdf.
- RAUCH, W. et al. **River water quality modelling: I**. State of the art. 38: n. 11. p. 237-244, 1998.
- REDDY G.P.O.; MAJI A.K.; GAJBHIYE, K.S. **Drainage morphometry and its influence on landform characteristics in basaltic terrain, central India - a remote sensing and GIS approach**. Int. J. Appl. Observ. Geoinf. v. 6, p.1–16, 2004.
- REGO, J. J. V. **Erosão superficial em taludes de corte em solo residual de gnaiss**. 1978. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1978.
- RICKERT, D. A. & HINES, W. G. **River quality assessment implications of a prototype project. Results of the Willamette River, Oregon, have national implications for resource management programs**. Science. v. 200, n. 4346, p.1113 – 1118, 1978.
- RIGO, M. L. et al. **Resistência ao cisalhamento residual de alguns solos da Formação Serra Geral (RS)**. In: Solos e rochas: revista latino-americana de geotecnia. São Paulo: ABMS/ABGE. v. 27, n. 3, p.273-286, 2004.
- RIGO, M. L. et al. **Resistência ao cisalhamento residual de alguns solos da Formação Serra Geral (RS)**. In: Solos e rochas: revista latino-americana de geotecnia. São Paulo: ABMS/ABGE. v. 27, n. 3, p.273-286, 2004.
- RITTER, D. F.; KOCHER, R. C.; MILLER, J. R. **Process geomorphology**. 3rd ed. Dubuque: William C. Brown, 1985.
- RODRIGUES, J. E. **Estudo de fenômenos acelerados: boçorocas**. 1982. Tese de Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 1982.

- RODRIGUES, R. A. **Modelação das deformações por colapso devido à ascensão do lençol frático**. 2007. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Paulo, São Carlos, 2007.
- RODRIGUES, R. R. & GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares**. In: Matas ciliares: conservação e recuperação. R. R. RODRIGUES & H. F. LEITE FILHO (Org.). 2^a ed. São Paulo: EdUSP/ FAPESP, p. 15-25, 2001.
- ROLIM, G. S. et al. **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o Estado de São Paulo**. Bragantia, Campinas, v. 66, n. 4, p.711-720, 2007.
- ROMANA, M. **New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slope**. Int. Sym. on the role of rock mechanics. Zacatecas, p. 49-53, 1985.
- ROSGEN, R. L. **A classification of natural Rivers**. Catena. n. 22, p.169-199, 1994.
- ROSS, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais antropizados**. Revista do Departamento de Geografia. n. 8, p.63-74, 1994.
- ROSS, J. L. S. **Geomorfologia aplicada aos EIAs-Rimas**. In: Geomorfologia e meio ambiente. A. J. T. Guerra & S. B. Cunha (org.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 291-336, 1996.
- ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo**. Revista do Departamento de Geografia. n. 8, p.17-29, 1992.
- ROSS, J. L. S. **Relevo brasileiro: uma nova proposta de classificação**. Revista do Departamento de Geografia. n. 4, p.25-39, 1985.
- RUBEL, F. & KOTTEK, M. **Observed and projected climate shifts 1901–2100 depicted by world maps of the Köppen-Geiger climate classification**. Meteorologische Zeitschrift, v. 19, n. 2, p. 135-141, 2010.
- SANCHEZ, P. A. et al. **Amazon Basin Soils: Management for Continuous Crop Production**. Science. n. 216. p. 821-827, 1982.

- SANTANNA et al. **Estudo preliminar da velocidade e direção dos ventos, em Cuiabá, MT, Brasil.** Revista Brasileira de Agrometeorologia, v.16, n. 2, p.175-180, 2008.
- SANTI, O.G.R. et al. **Relações entre estado de compactação, aeração e textura de solos do Rio Grande do Sul.** Acessado em 27/06/2011. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/CBCS_RECIFE/FISICA/pdf/Olavo%20Gabriel%20R%20Santi.pdf
- SANTOS, L. L. **Modelos hidráulicos-hidrológicos: conceitos e aplicações.** Revista Brasileira de Geografia Física. n.2. v. 3, p.01-19, 2009.
- SANTOS, M. L.; FERNANDEZ, O. V. Q.; STEVAUX, J. C. **Aspectos morfogenéticos das barras de canal do Rio Paraná, trecho de Porto Rico, PR.** Boletim de Geografia – UEM. n. 10. v. 1, p.11- 24, 1992.
- SARMA, J.N.; BORAH, D.; GOSWAMI, U. **Change of river channel and bank erosion of the Burhi Dihing River (Assam), assessed using remote sensing data and GIS.** Journal of the Indian Society of Remote Sensing. n. 35, v. 1, p.93-100, 2007.
- SBCS. **Manual de descrição e coleta de solo em campo.** 2ª Ed. Campinas: SBCS, 1982.
- SCHLUTER, U. **Zur Geschichte der Ingenieurbiologie.** Landschaft: Stadt. n. 16, p. 2–9, 1984.
- SCHMIDT, J. **The impact of rainfall on sediment transport by sheetflow.** In: Erosion, transport and deposition processes: theories and models. Germany: CATENA VERLAG. n. 19, p.9-17, 1991.
- SCHNEIDER et al. **Revisão estratigráfica da bacia do Paraná.** In: Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, 28, Porto Alegre, v.1, p. 41-65, 1974.
- SCHNEIDER, D. D.; BERNAL, T. A.; RISSE, F. **Application of the Rapid Habitat Diversity Evaluation Protocol and concentration of phosphorous and nitrogen of Barrinha Stream.** I Simpósio Internacional de Ecologia. São Carlos: UFSCAR, 2011.
- SCHUMM, S. A. **Sinuosity of alluvial rivers on the great plains.** Geol. Soc. America Bull. n. 74. V. 9, p.1089-1100, 1963.

- SCOTTISH ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **River habitat survey in Britain and Ireland**. Field survey guidance manual. 2003. 74p.
- Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. Série relatórios: APÊNDICE B. São Paulo: SEMA, 2008. 27p.
- SEOK, S. S. & LEE, Y. S. **A water quality modeling study of the Nakdong River, Korea**. Ecological Modelling. n. 152, p.65–75, 2002.
- SHANAHAN, P. et al. **River water quality modelling: II. Problems of the art**. Water Science and Technology. n. 38, v. 11, p.245-252, 1998.
- SHERMAN L. K. **The relation of hydrographs of runoff to size and character of drainage basin**. Trans Am Geophys Union. n. 13, p.332–339, 1932.
- SHIKLOMANOV, I.A. **Water Resources as a Challenge of the Twenty First Century**. Tenth IMO Lecture. WMO, 959, 2003.
- SILVA, A. F. **Mapeamento geotécnico e análise dos processos erosivos na bacia do córrego Tuncum, São Pedro-SP, escala 1:10.000**. 2003. 131f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.
- SILVA, A. M.; SCHULZ, H. E.; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: RiMa, 2003. 140p.
- SILVA, F. F.; LOUREIRO, H. A. S.; SILVEIRA, T. S. **Diagnóstico dos deslizamentos na cidade do Rio de Janeiro a partir das chuvas de abril de 2010: estudo de caso do Morro dos Prazeres**. Revista de Geografia (Recife). n. 27, v. 3, p.180-192, 2010.
- SILVA, F. P. **Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no estado de São Paulo**. 2003. Tese (Doutorado em Geociências) - . Rio Claro: Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.
- SILVA, J. E. B. & GUERRA, A. J. T. **Análise das propriedades dos solos das sub-bacias do Rio Tindiba e do Córrego do Catonho, Rio de Janeiro, com fins à identificação de áreas com predisposição à erosão**. 2001. In: VII Simpósio Nacional de Controle de Erosão. Acessado em 08/02/2011. Disponível em: http://www.labogef.iesa.ufg.br/links/simposio_erosao/articles/T017.pdf_

- SILVA, M. A. F. **Podologia em bovinos: conceitos basilares**. Vila Real: Universidade de Trás-Os-Montes e Alto Douro, 2009.
- SILVINO, A. N. O. **Avaliação e modelagem da qualidade da água da bacia do rio Coxipó, no município de Cuiabá - MT**. 2008. 145p. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2008.
- SIMON, A. L. H. **A Dinâmica do Uso da Terra e sua Interferência na Morfohidrografia da Bacia do Arroio Santa Bárbara-Pelotas (RS)**. 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro-SP, 2007.
- SINGH, B. & GOEL, R. K. **Rock mass classification: a practical approach in civil engineering**. The Netherlands: ELSEVIER, 1999. 262p.
- SOARES et al. **Ensaio de caracterização estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo: Grupo Bauru**. In: Revista Brasileira de Geociências, São Paulo – SP. p.177-185, 1980.
- SOARES, J. M. D. ; PINHEIRO, R. J. B.; TAVARES, S. P. **Notas de aula de mecânica dos solos**. Santa Maria: UFSM/ Departamento de Transportes, 2006.
- SOBREIRA, F. G. **Processos erosivos acelerados (voçorocas): o exemplo de Cachoeira do Campo, Ouro Preto, MG**. Solos e rochas. n. 23, v. 3, p. 217-233, 2000.
- Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 2ª ed. Campinas: SBCS/ Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, 1982.
- SONNEMAKER, J. P. **Meteorologia**. 23ª ed. São Paulo: ASA, 2002.
- SOUSA PINTO, N. L. **Águas subterrâneas**. In: Hidrologia básica. N. S. Pinto et al. (Org.). São Paulo: Blucher. pp. 67 – 91, 1976.
- SOUSA, A. R., SILVA, A. B., RESENDE, M. **Influência da pressão exercida por pisoteio de animais na compactação do solo do vale do Pajeú, em Pernambuco**. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO DA ÁGUA, 12, 1988, Fortaleza. Anais... Fortaleza: SBCS. pp.256-257, 1998.

- SOUSA, L. M. O. **Fracturação de afloramentos graníticos – implicações na extração de rocha ornamental.** In: Solos e rochas: revista latino-americana de geotecnia. São Paulo: ABMS/ABGE. 27. 3: pp.273-286, 2004.
- SOUZA PINTO, N. I. & HOLTZ, A. C. T. **Medições de vazão.** In: Hidrologia básica. N. S. Pinto et al. (Org.). São Paulo: Blucher. pp.182-204, 1976.
- SOUZA, G. F. et al. **Vulnerabilidade natural da paisagem em função das áreas de plantio de cana-de-açúcar.** Geografia (Londrina). n. 19, v. 3, p. 51-65, 2010. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/geografia/>
- SOUZA, L. A. P. **Revisão crítica da aplicação dos métodos geofísicos na investigação de áreas submersas rasas.** 2006. Tese (Doutorado em Oceanografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo 2006.
- SOUZA, M. L.; GASPARETTO, N. V. L.; NAKASHIMA, P. **Diagnóstico geoambiental da bacia do Córrego Tenente em Mariluz, Paraná, Brasil.** Revista Brasileira de Geociências. São Paulo: SBG. n. 38, v. 2, p.379-391, 2008.
- STAL, C. et al. **Accuracy assessment of a LiDAR digital terrain model by using RTK GPS and total station.** EARSeL eProceedings n. 10, v. 1. 2011. 8p.
- STANCATI, G.; NOGUEIRA, J.B. & MONJEVILAR, O. **Ensaio de laboratório em Mecânica dos Solos.** São Carlos. EESC/USP, 1981. 208p.
- STANISZEWSKI, R. et al. **Assessment of sources of uncertainty in macrophyte surveys and the consequences for river classification.** Hydrobiologia. n. 566, p. 235–246, 2006.
- STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) analysis of an erosional topography.** Geol. Soc. Am. Bull. n. 38, p.1117-1142, 1952.
- STRAHLER, A.N. **Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks.** In: Handbook of applied hydrology. Chow VT (ed). New York, pp 440–474, 1964.
- STUDART, T. M. C. **Escoamento Superficial.** 2003. Disponível em: <http://www.deha.ufc.br/ticianahidrologia/apostila.htm> .
- SUÁREZ, J. M. **Sítio fossilífero de Piraporazinho, SP. Extraordinário depósito de quelônios do Cretáceo.** SIGEP 32. In: Sítios geológicos e paleontológicos do Brasil. p. 49-54, 2002.

- SUMMERFIELD M. A. **Neotectonics and landform genesis**. Progress in Physical Geography, n. 11, v. 3, p. 384-397, 1987.
- SUMMERFIELD M. A. **Tectonics geomorphology**. Progress in Physical Geography. London. n. 15, v. 2, p. 193-205, 1991.
- SUZUKI, L. E. A. S. et al. **Grau de compactação e sua influência nas propriedades físicas do solo e rendimento da soja**. 2011. Acessado em 27/06/2011. Disponível em: http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/CBCS_RECIFE/FISICA/pdf/Luis%20Eduardo%20Akiyoshi%20Sanches%20Suzuki.pdf
- TALORA, D. C. **Efeitos do pisoteio experimental sobre a vegetação de dunas do Parque Estadual da Serra do Mar, Picinguaba, Ubatuba, SP**. 2007. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- TERZAGHI, K. **Rock defects and load on tunnel supports. Introduction to tunnelling with steel support**. Ohio: Commercial Sheering & Stamping Co., 1946.
- TEWARI, P. **A Study on Soil Erosion in Pasighat Town (Arunachal Pradesh) India**. Natural Hazards. n. 32, p.257–275, 2004.
- THOMA, D. P.; GUPTA, S. C.; BAUER, M. E. **Quantifying River Bank Erosion with Scanning Laser Altimetry**. In: International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. pp.169-174, 2001.
- THOMSON, J. R.; TAYLOR, M. P.; BRIERLEY, G. J. **Are river styles ecologically meaningful? a test of the ecological significance of a geomorphic river characterization scheme**. Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst. n. 14, p. 25–48, 2004.
- THORNBURY, W.D. **Principles of Geomorphology**. 2nd ed. New York: Wiley, 1969. 594pp.
- THORNE, P. D. & HANES, D. M. **A review of acoustic measurement of small-scale sediment processes**. Continental Shelf Research. n. 22, p.603–632, 2002.
- THORNTON, C.W. **An approach towards a rational classification of climate**. Geographical Review, London, v. 38, p. 55-94, 1948.

- TOCKNER, K. et al. **Ecology of braided rivers**. In: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research WSL. 36p. Acessado em 23/09/2011. Disponível em: http://www.wsl.ch/land/products/rhone-thur/publikationen/Tockner_et_al_Braided_rivers.pdf
- TOMASINI, B. A. et al. **Infiltração de água no solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar sob diferentes sistemas de colheita e modelos de ajustes de equações de infiltração**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.6, pp.1060-1070, 2010.
- TONELLO, K. C. et al. **Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões – MG**. R. Árvore, Viçosa-MG. n. 30, v. 5, p.849-857, 2006.
- TRINDADE, M. **Nutrientes em sedimentos da represa do Lobo (Brotas – Itirapina, SP)**. 1980. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais) - Universidade Federal de São Carlos São Carlos, São Carlos, 1980.
- TROEH, F.R. **Landform equations fitted to contour maps**. American Journal of Science. n. 263, p. 616-627, 1965.
- TUCCI, C. E. M. **Enchentes urbanas**. In: Drenagem Urbana. Ed. da Universidade, ABRH, 1995.
- TUCCI, C. E. M. **Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. n. 2, v. 2, p.5-12, 1997.
- TUCKER, G. E. **Drainage basin sensitivity to tectonic and climatic forcing: implications of a stochastic model for the role of entrainment and erosion thresholds**. Earth Surf. Process. Landforms. n. 29, p. 185–205, 2004.
- TUNDISI, J. G. **Impáctos ecológicos da construção de represas: aspectos específicos e problemas de manejo**. IN: Limniologia e manejo d e represas. Série Monografias em limnologia. J. G. Tundisi (org.). v. 1. São Carlos: EESC/USP/CRHEA/ Academia de Ciências. pp.1-7, 1988.
- VALDIVIESO, F. O. **Metodología para la evaluación del riesgo de erosión hídrica en zonas áridas y su aplicación en el manejo y proteccion de proyectos hidráulicos**. REDLACH. v. 1, n. 1, p. 27-32, 2004.
- Van OOST, K et al. **The Impact of Agricultural Soil Erosion on the Global Carbon Cycle**. Science. v. 318, n. 5850, p. 626-629, 2007.

- VENDRAMINI, D. **Aspectos hidrogeoquímicos de uma microbacia reflorestada com Eucaliptus grandis no município de Angatuba – São Paulo.** 195f. 2009. Dissertação (Mestrado em Química na Agricultura e Ambiente) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- VERRIOS, S.; ZYGOURI, V.; KIKKALAS, S. **Morphotectonic analysis in the Elikí fault zone (Gulf of Corinth, Greece).** Bulletin of the geological society of Greece. n. 36, p. 1706-1715, 2004.
- VERSTAPPEN, H.T. **Applied geomorphology.** ITC, Enschede, 1983.
- VICENTE, M. L.; NAVAS, A.; MACHÍN, J. **Geomorphic mapping in endorheic catchments in the Spanish Pyrenees: An integrated GIS analysis of karstic features.** Geomorphology. n. 111. 38–47, 2009.
- VIEIRA, L. S. **Manual da ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais.** São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1988.
- VIEIRA, M. N. F. et al. **Levantamento e conservação do solo.** Belém: FCAP, 1996.
- VILAR, O. M. **Formulação de um modelo matemático para erosão dos solos pela chuva.** 1987. 196f. Tese (Doutorado). São Carlos: EESC/ USP,
- WARN, S. **River long profiles & valley cross profiles.** 2001. Geo Factsheet. Nº 25. Acessado em: 29/07/2011. Disponível em: <http://www.curriculum-press.co.uk/>
- Wolman, M. G. **A cycle of sedimentation and erosion in urban river channels.** Geografiska Annaler. Series A. Physical Geography, pp. 385-395, 1967.
- WRIGHT, J. F. **Development of RIVPACS in the UK and the value of the underlying data-base.** Limnética. v. 0, n. 1, p. 15-31, 1994.
- WRIGHT, J.F.; FURSE, M.T.; MOSS, D. **River classification using invertebrates: RIVPACS applications.** Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst. n. 8, p. 617–631, 1998.
- WYRICK, J. R. & KLINGEMAN, P. C. **Proposed fluvial island classification scheme and its use for river restoration.** River Research and Applications. 2010. p.12.
- XAVIER, A. L. & TEIXEIRA, D. A. **Diagnóstico das nascentes da sub-bacia hidrográfica do Rio São João em Itaúna, MG.** IN: Anais do VIII Congresso de

Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG. Acessado em 29/09/2011. Disponível em: <http://www.seb-ecologia.org.br/viiiceb/pdf/1597.pdf>.

- YANG, S. et al. **A review of soil erodibility in water and wind erosion research. Journal of Geographical Sciences.** v. 15, n. 2, p. 167-176, 2005.
- YOSHIZANE, H. P. **Notas de aula de mecânica dos solos.** Campinas: UNICAMP/CESET, 2005. pp.46.
- YUAN, L. L. **Predictive models for bioassessment of large and great rivers.** In: Great Rivers Reference Condition Workshop. Cincinnati: The U.S. Environmental Protection Agency and The Council of State Governments, 2006. 17p.
- YUE-QING, X.; JIAN, P.; IAO-MEI, S. **Assessment of soil erosion using RUSLE and GIS: a case study of the Maotiao River watershed, Guizhou Province, China.** Environ. Geol. n. 56, p. 1643–1652, 2009.
- ZACHAR, D. **Developments in soil science 10: Soil erosion.** Bratislava: VEDA/Elsevier, 1982.
- ZAINE, J. ED. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaio de aplicação na área urbana do município de Rio Claro (SP).** 2000. 149f. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2000.
- ZANCOPÉ, M.H. C. **Estudo dos padrões de canal luvial do Rio Mogi Guaçu/SP.** 2004. 90f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro, 2004.
- ZANINI, H. L. H. T. **Caracterização limnológica e microbiológica do córrego rico que abastece Jaboticabal (SP).** 2009. 75f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias e Veterinárias) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Jaboticabal, 2009.
- ZAÚ, A. S.; COELHO NETTO, A. L.; OLIVEIRA, R. R. **Cobertura florestal: degradação, resultantes ecológicas e efeitos de borda no Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro/RJ.** In: I ENCONTRO IALE-BR. Degradação

Ambiental, Resultantes Geo-Idroecológicas e Desafios à Reabilitação Funcional da Paisagem. pp. 53-65, 2007.

ZOCCAL, J. C. **Soluções cadernos de estudos em conservação do solo e água.** Presidente Prudente: CODASP, 2007.

ZUFFO, A. C. **Seleção e aplicação de métodos multicriteriais ao planejamento ambiental de recursos hídricos.** 1998. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

ZUQUETTE, L. V. & PALMA, J. B. **Avaliação da condutividade hidráulica em área de recarga do aquífero Botucatu.** R. Esc. Minas. 59. 1: p. 81-87, 2006.

ZUQUETTE, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio físico: fundamentos e guia para elaboração.** 2v. 1993. Tese (Livre Docência) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

ZUQUETTE, L. V.; CARVALHO, J. A. R. & YAMANOUTH, G. R. B. **Feições erosivas na bacia do córrego do Espriado, São Pedro (SP), seus tipos e evolução entre 1972-2002.** In: Revista Brasileira de Geociências. v. 37, n. 2, p. 414-425, 2007.

Apêndice 1

Dados das Seções Ecobatimétricas

Apêndice 1

Seção ecobatimétrica 1 – 1'

% ADP Data File: VOC1101131100.adp

% Start Date + Time: 02/01/2011 01:56:43

% All Track Calculations use: GPS data

% All Flow Velocities Relative to: GPS

% Metric Units

%

%Profile	Time	Distance	DMG	DistEast	DistNorth	GPS Latitude	GPS Longitude	Depth1	Depth2	Depth3	AvDepth	EsDepth	uVess	DirVess	uFlow	DirFlow	StdDev	DQI #	Valid	Q	Q Cumul
%		(m)		(m)	(m)	(deg)	(deg)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(deg)	(m/s)	(deg)						
(m/s)	Cells	(m^3/s)	(m^3/s)																		

%-----

1	01 56 43	0.0	0.0	0.0	0.0	-20.82196126	-50.66080916	1.61	1.46	1.34	1.47	0.00	0.00	0.0	0.00						
0.0	0.00 100.0	1	0.00	0.0	0.00																
2	01 56 49	1.7	1.7	1.3	-1.0	-20.82196991	-50.66079624	1.93	1.69	1.58	1.73	0.00	0.28	125.6							
0.23	169.5	0.07	4.3	2	0.38	0.1	0.00														

	3	01	56	55	3.6	3.5	3.1	-1.8	-20.82197747	-50.66077982	1.68	1.59	1.73	1.67	0.00	0.32	116.2
0.22	279.2	0.05	3.4	2	0.17	0.2	0.00										
	4	01	57	00	8.3	8.2	7.7	-2.9	-20.82198744	-50.66073509	2.71	2.45	2.23	2.46	0.00	0.96	103.4
0.57	346.1	0.04	2.5	4	-5.94	-2.3	0.00										
	5	01	57	05	18.6	18.5	17.7	-5.5	-20.82201089	-50.66063915	3.42	3.21	3.02	3.22	0.00	2.06	104.7
0.86	14.5	0.03	1.8	7	-28.50	-18.1	0.00										
	6	01	57	10	30.5	30.4	29.1	-8.9	-20.82204103	-50.66052951	4.23	3.99	3.82	4.01	0.00	2.38	106.4
0.78	32.2	0.01	0.9	10	-35.84	-40.9	0.00										
	7	01	57	14	42.7	42.6	40.8	-12.4	-20.82207292	-50.66041721	4.56	3.98	4.20	4.25	0.00	2.44	106.9
0.83	36.5	0.02	1.1	11	-40.32	-67.6	0.00										
	8	01	57	19	52.4	52.3	50.0	-15.2	-20.82209776	-50.66032808	4.53	4.39	4.30	4.41	0.00	2.42	106.6
0.81	35.0	0.01	0.8	12	-40.74	-95.7	0.00										
	9	01	57	24	64.2	64.1	61.5	-18.1	-20.82212403	-50.66021775	4.57	4.42	4.32	4.44	0.00	2.37	104.3
0.84	33.3	0.01	1.0	12	-41.87	-124.5	0.00										
	10	01	57	29	76.1	75.9	73.1	-20.5	-20.82214589	-50.66010602	4.47	4.21	4.15	4.28	0.00	2.37	101.8
0.90	27.0	0.01	0.8	11	-43.87	-153.4	0.00										
	11	01	57	35	90.6	90.4	87.4	-23.1	-20.82216931	-50.65996848	4.37	4.25	4.26	4.29	0.00	2.42	100.3
0.83	26.0	0.01	0.8	12	-41.45	-182.6	0.00										
	12	01	57	40	102.8	102.5	99.4	-24.9	-20.82218554	-50.65985276	4.48	4.41	4.23	4.37	0.00	2.43	98.5
0.85	26.1	0.01	0.9	12	-43.26	-212.6	0.00										

	13	01	57	45	115.0	114.7	111.4	-27.2	-20.82220550	-50.65973724	4.03	3.94	3.88	3.95	0.00	2.44	100.5
0.95	29.5	0.01	0.9	10	-43.40	-240.6	0.00										
	14	01	57	50	127.1	126.8	123.3	-29.3	-20.82222430	-50.65962287	3.73	3.66	3.57	3.65	0.00	2.41	100.0
0.89	26.1	0.02	1.4	9	-37.72	-264.2	0.00										
	15	01	57	54	139.0	138.7	135.1	-31.5	-20.82224416	-50.65951010	3.36	3.26	3.27	3.30	0.00	2.39	100.7
0.90	17.9	0.01	1.0	8	-35.18	-285.7	0.00										
	16	01	57	59	148.5	148.1	144.4	-32.9	-20.82225714	-50.65942007	3.15	3.02	3.06	3.08	0.00	2.37	98.8
0.69	24.9	0.02	1.6	7	-24.08	-299.5	0.00										
	17	01	58	04	160.4	159.9	156.2	-34.2	-20.82226845	-50.65930637	3.15	3.02	3.04	3.07	0.00	2.38	96.1
0.83	20.0	0.02	1.3	7	-29.51	-316.5	0.00										
	18	01	58	09	172.3	171.7	168.1	-34.8	-20.82227448	-50.65919236	3.15	3.02	3.01	3.06	0.00	2.37	93.2
0.83	11.1	0.03	1.5	7	-29.69	-333.6	0.00										
	19	01	58	15	183.1	182.3	178.9	-34.8	-20.82227450	-50.65908843	3.23	3.14	3.05	3.14	0.00	1.80	90.0
0.60	35.2	0.02	1.4	7	-13.92	-341.5	0.00										
	20	01	58	20	188.2	187.3	184.1	-34.8	-20.82227391	-50.65903865	3.22	3.10	3.07	3.13	0.00	1.04	89.3
0.39	38.3	0.02	1.7	7	-4.97	-344.3	0.00										
	21	01	58	25	192.0	191.0	187.8	-34.6	-20.82227229	-50.65900294	3.15	3.01	3.06	3.07	0.00	0.74	87.2
0.43	353.7	0.02	1.6	7	-4.85	-347.1	0.00										

Seção ecobatimétrica 2 – 2'

Data File: VOC1101141203.adp

% Start Date + Time: 03/01/2011 02:59:17

% All Track Calculations use: GPS data

% All Flow Velocities Relative to: GPS

% Metric Units

%

%Profile	Time	Distance	DMG	DistEast	DistNorth	GPS Latitude	GPS Longitude	Depth1	Depth2	Depth3	AvDepth
EsDepth	uVess	DirVess	uFlow	DirFlow	StdDev	DQI # Valid	Q	Q Cumul			
%	(m)	(m)	(m)	(m)	(deg)	(deg)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)
(m/s)	Cells	(m^3/s)	(m^3/s)								

1	02 59 17	0.0	0.0	0.0	0.0	-20.82452261	-50.66003888	3.86	3.81	3.81	3.83	0.00	0.00	0.0	0.00
0.0	0.00	100.0	10	0.00	0.0	0.00									
2	02 59 24	6.0	6.0	4.3	-4.1	-20.82455971	-50.65999726	3.87	3.71	3.87	3.82	0.00	0.85	133.6	
0.37	57.4	0.02	1.5	9	-5.85	-3.5	0.00								
3	02 59 29	8.1	8.1	5.6	-5.9	-20.82457532	-50.65998482	3.87	3.85	3.87	3.86	0.00	0.43	143.3	
0.27	103.9	0.02	1.6	10	-1.42	-4.4	0.00								

	4 02 59 34	9.2	7.1	5.0	-5.0	-20.82456782	-50.65999050	3.88	3.83	3.87	3.86	0.00	0.20	324.7
0.11	204.2	0.02	1.3	10	-0.38	-4.7	0.00							
	5 02 59 39	12.0	4.3	2.7	-3.4	-20.82455291	-50.66001245	3.85	3.97	3.87	3.90	0.00	0.56	306.0
0.32	239.9	0.01	1.2	10	-3.22	-6.8	0.00							
	6 02 59 44	14.6	6.4	5.3	-3.6	-20.82455460	-50.65998755	3.73	3.74	3.83	3.77	0.00	0.52	94.1
0.45	326.0	0.01	0.9	10	-3.50	-9.1	0.00							
	7 02 59 49	22.2	14.0	10.6	-9.2	-20.82460506	-50.65993739	3.69	3.61	3.79	3.70	0.00	1.28	137.1
0.67	59.0	0.02	1.3	9	-15.52	-18.7	0.00							
	8 02 59 55	28.6	20.3	14.4	-14.3	-20.82465086	-50.65990021	3.58	3.79	3.65	3.67	0.00	1.60	142.8
0.58	61.4	0.02	1.4	9	-16.78	-29.1	0.00							
	9 02 59 59	37.3	28.9	20.3	-20.5	-20.82470726	-50.65984343	3.64	3.75	3.58	3.66	0.00	1.72	136.7
0.55	55.0	0.02	1.2	9	-17.03	-39.6	0.00							
	10 03 00 05	46.3	37.9	27.4	-26.1	-20.82475738	-50.65977522	3.62	3.80	3.64	3.69	0.00	1.80	128.2
0.49	65.5	0.02	1.4	9	-14.47	-48.6	0.00							
	11 03 00 09	55.3	46.8	34.4	-31.8	-20.82480857	-50.65970840	3.86	3.87	3.76	3.83	0.00	1.80	129.3
0.59	61.0	0.01	0.8	10	-18.72	-60.8	0.00							
	12 03 00 14	64.4	55.9	41.7	-37.1	-20.82485643	-50.65963734	4.12	4.24	4.09	4.15	0.00	1.82	125.8
0.55	42.6	0.01	1.2	11	-20.65	-74.7	0.00							
	13 03 00 19	73.6	65.0	49.5	-42.1	-20.82490136	-50.65956253	4.06	4.26	4.08	4.13	0.00	1.85	122.7
0.52	49.2	0.02	1.2	11	-19.16	-87.5	0.00							

	14	03	00	24	82.8	74.2	57.2	-47.2	-20.82494700	-50.65948852	3.87	4.09	3.94	3.97	0.00	1.84	123.4
0.61	37.5	0.01	1.3	10	-22.20	-101.7	0.00										
	15	03	00	29	91.9	83.1	65.2	-51.5	-20.82498596	-50.65941168	3.83	3.98	3.83	3.88	0.00	1.82	118.5
0.50	32.2	0.01	1.0	10	-17.59	-113.1	0.00										
	16	03	00	34	102.9	94.0	75.0	-56.7	-20.82503193	-50.65931767	3.68	3.86	3.80	3.78	0.00	1.84	117.6
0.70	42.7	0.02	1.3	9	-23.41	-127.3	0.00										
	17	03	00	40	110.0	100.7	81.6	-59.0	-20.82505265	-50.65925394	3.51	3.71	3.35	3.52	0.00	1.75	109.2
0.27	58.2	0.02	1.6	8	-6.46	-131.0	0.00										
	18	03	00	44	119.0	108.8	90.6	-60.3	-20.82506496	-50.65916781	3.41	3.57	3.40	3.46	0.00	1.81	98.7
0.48	41.4	0.02	1.4	8	-12.53	-138.4	0.00										
	19	03	00	50	127.0	115.4	98.5	-60.2	-20.82506369	-50.65909131	3.45	3.62	3.44	3.50	0.00	1.59	89.0
0.38	14.9	0.01	1.3	9	-10.12	-144.9	0.00										
	20	03	00	54	133.5	120.2	104.8	-58.7	-20.82505058	-50.65903058	3.46	3.59	3.36	3.47	0.00	1.30	77.0
0.23	24.1	0.03	1.7	8	-4.17	-147.3	0.00										
	21	03	00	59	141.0	121.7	109.6	-53.0	-20.82499870	-50.65898456	3.42	3.61	3.39	3.47	0.00	1.50	39.7
0.18	288.0	0.01	0.9	8	-4.27	-149.8	0.00										
	22	03	01	04	149.9	123.6	114.8	-45.6	-20.82493289	-50.65893453	3.34	3.55	3.36	3.42	0.00	1.80	35.4
0.41	317.1	0.02	1.4	8	-12.31	-157.1	0.00										
	23	03	01	09	159.0	126.6	120.6	-38.6	-20.82486981	-50.65887888	3.23	3.44	3.04	3.24	0.00	1.82	39.5
0.58	343.6	0.03	2.4	7	-14.15	-164.9	0.00										

	24	03	01	14	168.0	129.6	125.8	-31.3	-20.82480422	-50.65882912	3.11	3.29	3.04	3.15	0.00	1.79	35.3
0.49	312.5	0.02	1.6	7	-13.63	-172.5	0.00										
	25	03	01	19	178.9	132.9	131.1	-21.7	-20.82471814	-50.65877756	3.03	3.18	3.04	3.08	0.00	1.83	29.2
0.48	312.7	0.02	1.6	7	-13.04	-179.9	0.00										
	26	03	01	25	186.2	135.5	134.6	-15.4	-20.82466061	-50.65874435	2.87	3.13	2.88	2.96	0.00	1.82	28.3
0.61	293.4	0.03	2.6	6	-16.32	-188.3	0.00										
	27	03	01	29	195.2	138.9	138.7	-7.4	-20.82458925	-50.65870480	2.80	2.92	2.71	2.81	0.00	1.79	27.4
0.34	296.9	0.02	1.7	6	-8.46	-192.8	0.00										
	28	03	01	35	204.1	142.0	142.0	0.9	-20.82451410	-50.65867328	2.69	2.91	2.69	2.76	0.00	1.80	21.4
0.39	294.5	0.03	2.7	6	-9.77	-198.1	0.00										
	29	03	01	39	213.2	145.0	144.7	9.6	-20.82443662	-50.65864746	2.03	2.27	2.05	2.12	0.00	1.81	17.3
0.38	289.0	0.06	4.0	3	-7.32	-200.7	0.00										
	30	03	01	44	221.8	147.7	146.6	18.0	-20.82436063	-50.65862918	1.41	1.47	1.31	1.40	0.00	1.73	12.7
0.07	2.6	0.17	15.9	1	-0.16	-200.7	0.00										
	31	03	01	49	230.3	149.3	147.0	26.5	-20.82428453	-50.65862521	1.25	1.30	1.20	1.25	0.00	1.70	2.8
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	32	03	01	54	238.5	149.9	145.8	34.6	-20.82421189	-50.65863607	1.14	1.20	1.13	1.16	0.00	1.63	352.0
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	33	03	01	59	246.7	149.2	143.1	42.4	-20.82414155	-50.65866248	1.14	1.20	1.10	1.15	0.00	1.66	340.7
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										

	34	03	02	04	255.5	149.1	140.2	50.7	-20.82406701	-50.65869010	1.11	1.17	1.08	1.12	0.00	1.75	340.9
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	35	03	02	09	264.3	151.1	139.0	59.4	-20.82398875	-50.65870235	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.76	351.7
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	36	03	02	14	273.1	154.4	138.6	68.1	-20.82391004	-50.65870605	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.75	357.5
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	37	03	02	19	281.0	158.0	138.4	76.1	-20.82383863	-50.65870735	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.59	359.0
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	38	03	02	24	290.5	160.3	135.8	85.2	-20.82375694	-50.65873285	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.58	343.7
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	39	03	02	30	296.9	162.1	134.0	91.3	-20.82370194	-50.65875039	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.60	343.4
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	40	03	02	34	305.3	164.7	131.4	99.3	-20.82363006	-50.65877480	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.68	342.4
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	41	03	02	40	313.6	169.7	131.2	107.6	-20.82355555	-50.65877657	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.66	358.7
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	42	03	02	44	320.5	174.6	131.8	114.5	-20.82349293	-50.65877125	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.40	4.5
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	43	03	02	49	326.9	178.5	131.3	120.9	-20.82343561	-50.65877605	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.28	355.5
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										

	44	03	02	54	334.8	183.1	130.2	128.7	-20.82336564	-50.65878643	1.05	1.10	1.05	1.07	0.00	1.57	352.1
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-200.7	0.00										
	45	03	02	59	342.4	187.6	129.0	136.2	-20.82329792	-50.65879828	3.41	2.62	2.94	2.99	0.00	1.53	350.7
0.34	353.0	0.03	2.9	6	0.31	-200.6	0.00										
	46	03	03	04	347.4	190.3	127.8	141.1	-20.82325448	-50.65880955	3.41	2.62	2.94	2.99	0.00	0.99	346.4
0.18	322.4	0.03	100.0	6	-1.10	-201.1	0.00										
	47	03	03	09	353.5	193.7	126.2	146.9	-20.82320179	-50.65882517	3.41	2.62	2.94	2.99	0.00	1.22	344.5
0.54	230.8	0.03	100.0	6	-8.97	-205.7	0.00										
	48	03	03	14	361.0	199.3	126.1	154.4	-20.82313429	-50.65882633	3.41	2.62	2.94	2.99	0.00	1.50	359.1
0.69	311.4	0.03	100.0	6	-11.42	-211.5	0.00										
	49	03	03	19	368.3	205.8	127.4	161.6	-20.82307019	-50.65881318	3.41	2.62	2.94	2.99	0.00	1.45	10.9
0.58	306.1	0.04	100.0	6	-11.42	-217.3	0.00										
	50	03	03	24	375.6	212.4	129.1	168.7	-20.82300612	-50.65879692	3.41	2.62	2.94	2.99	0.00	1.46	13.3
0.54	306.9	0.04	100.0	6	-10.88	-222.9	0.00										
	51	03	03	29	384.9	221.0	131.3	177.8	-20.82292454	-50.65877644	1.25	1.25	1.20	1.23	0.00	1.55	13.2
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-222.9	0.00										
	52	03	03	35	391.1	226.9	133.3	183.7	-20.82287156	-50.65875717	2.18	2.14	1.98	2.10	0.00	1.56	18.8
0.46	326.8	0.06	5.3	3	-5.93	-225.0	0.00										
	53	03	03	39	399.4	234.9	135.9	191.5	-20.82280089	-50.65873131	2.46	2.55	2.38	2.46	0.00	1.66	18.9
0.40	288.4	0.02	1.6	5	-8.10	-229.1	0.00										

	54	03	03	45	408.1	243.4	139.3	199.5	-20.82272873	-50.65869859	2.62	2.66	2.53	2.60	0.00	1.74	23.0
0.41	289.0	0.04	3.4	5	-9.19	-233.5	0.00										
	55	03	03	49	416.8	251.7	142.2	207.7	-20.82265533	-50.65867111	2.77	2.88	2.69	2.78	0.00	1.73	19.3
0.43	296.3	0.03	2.1	6	-10.30	-239.0	0.00										
	56	03	03	54	425.3	259.7	144.3	215.9	-20.82258138	-50.65865127	2.85	2.92	2.78	2.85	0.00	1.70	14.1
0.57	309.8	0.03	2.5	6	-12.41	-245.6	0.00										
	57	03	03	59	432.8	263.5	140.9	222.7	-20.82252078	-50.65868397	2.95	3.07	2.86	2.96	0.00	1.51	333.2
0.13	215.2	0.03	2.3	6	-2.60	-246.9	0.00										
	58	03	04	04	441.9	264.0	133.4	227.8	-20.82247429	-50.65875550	3.04	3.13	3.00	3.06	0.00	1.81	304.8
0.40	216.2	0.03	2.3	7	-11.06	-253.2	0.00										
	59	03	04	09	451.8	263.6	124.6	232.3	-20.82243385	-50.65884038	3.23	3.29	3.18	3.23	0.00	1.98	297.0
0.64	219.1	0.02	1.3	8	-19.97	-265.5	0.00										
	60	03	04	14	461.7	263.3	115.7	236.6	-20.82239590	-50.65892619	3.33	3.50	3.27	3.37	0.00	1.97	295.3
0.49	203.2	0.01	1.3	8	-16.12	-275.2	0.00										
	61	03	04	19	471.7	262.8	106.4	240.3	-20.82236184	-50.65901542	3.30	3.46	3.27	3.34	0.00	2.00	292.2
0.69	210.2	0.02	1.5	8	-22.82	-288.9	0.00										
	62	03	04	24	483.7	263.2	95.4	245.3	-20.82231739	-50.65912115	3.35	3.51	3.32	3.39	0.00	2.01	294.2
0.60	221.5	0.02	1.4	8	-19.68	-300.6	0.00										
	63	03	04	30	491.8	263.8	88.0	248.7	-20.82228691	-50.65919206	3.30	3.48	3.26	3.35	0.00	2.03	294.7
0.45	225.0	0.02	1.7	8	-14.30	-309.2	0.00										

	64	03	04	34	501.9	265.0	78.9	253.0	-20.82224838	-50.65927998	3.28	3.44	3.24	3.32	0.00	2.02	295.1
0.66	225.1	0.02	1.4	8	-20.83	-321.8	0.00										
	65	03	04	39	512.1	265.8	69.4	256.6	-20.82221557	-50.65937156	3.32	3.48	3.26	3.35	0.00	2.04	291.0
0.47	204.0	0.02	1.9	8	-16.06	-331.4	0.00										
	66	03	04	44	522.4	266.6	59.7	259.8	-20.82218678	-50.65946499	3.32	3.48	3.30	3.37	0.00	2.05	288.2
0.63	202.6	0.02	1.1	8	-21.72	-344.4	0.00										
	67	03	04	49	532.5	267.3	49.9	262.6	-20.82216180	-50.65955909	3.41	3.55	3.32	3.43	0.00	2.03	285.9
0.71	212.1	0.02	1.8	8	-23.86	-358.5	0.00										
	68	03	04	54	542.8	268.0	39.9	265.0	-20.82214003	-50.65965484	3.66	3.76	3.48	3.63	0.00	2.05	283.7
0.59	211.5	0.02	1.4	9	-20.98	-371.5	0.00										
	69	03	04	59	552.9	269.0	30.0	267.3	-20.82211937	-50.65974985	3.97	4.14	3.73	3.95	0.00	2.03	283.1
0.58	214.1	0.02	1.4	10	-21.65	-385.4	0.00										
	70	03	05	04	563.2	269.8	20.0	269.1	-20.82210379	-50.65984691	4.49	4.49	4.28	4.42	0.00	2.05	279.7
0.73	202.4	0.02	1.1	12	-32.21	-407.5	0.00										
	71	03	05	09	575.6	270.3	7.6	270.2	-20.82209361	-50.65996575	4.50	4.79	4.42	4.57	0.00	2.07	275.2
0.67	204.7	0.01	0.7	12	-29.79	-427.5	0.00										
	72	03	05	15	583.9	270.9	-0.7	270.9	-20.82208714	-50.66004568	2.07	4.49	4.17	3.58	0.00	2.09	274.9
0.58	211.6	0.04	3.2	4	-19.22	-433.3	0.00										
	73	03	05	19	594.3	271.9	-11.1	271.6	-20.82208055	-50.66014548	4.25	4.56	4.21	4.34	0.00	2.08	274.0
0.77	203.4	0.01	0.9	11	-32.67	-454.4	0.00										

	74	03	05	25	604.7	272.8	-21.4	271.9	-20.82207791	-50.66024494	4.63	4.84	4.52	4.66	0.00	2.07	271.6
0.66	197.2	0.01	1.2	12	-30.82	-474.7	0.00										
	75	03	05	29	615.1	273.8	-31.9	272.0	-20.82207747	-50.66034524	4.60	4.80	4.52	4.64	0.00	2.09	270.3
0.70	194.5	0.01	0.7	12	-32.67	-496.3	0.00										
	76	03	05	34	625.2	275.1	-41.9	271.9	-20.82207798	-50.66044202	4.49	4.78	4.55	4.61	0.00	2.01	269.7
0.68	194.6	0.02	1.4	12	-30.26	-516.4	0.00										
	77	03	05	39	633.7	276.3	-50.4	271.6	-20.82208060	-50.66052375	4.27	4.63	4.35	4.42	0.00	1.70	268.0
0.53	199.4	0.01	0.8	12	-18.39	-529.1	0.00										
	78	03	05	44	640.9	276.0	-57.5	270.0	-20.82209571	-50.66059183	3.80	4.18	3.84	3.94	0.00	1.46	256.6
0.69	202.6	0.02	1.4	10	-16.13	-539.4	0.00										
	79	03	05	49	645.9	272.2	-59.8	265.5	-20.82213544	-50.66061450	3.70	3.90	3.44	3.68	0.00	1.00	208.1
0.19	164.7	0.02	1.4	9	-2.45	-540.9	0.00										
	80	03	05	54	654.6	264.5	-54.3	258.9	-20.82219500	-50.66056110	3.89	4.01	3.65	3.85	0.00	1.44	140.0
0.57	48.2	0.02	1.2	9	-15.69	-550.3	0.00										
	81	03	06	00	662.4	258.6	-48.2	254.1	-20.82223827	-50.66050224	4.24	4.43	4.06	4.24	0.00	1.95	128.2
0.63	53.5	0.01	1.3	11	-25.02	-566.8	0.00										
	82	03	06	04	672.6	251.3	-39.8	248.1	-20.82229197	-50.66042199	4.46	4.64	4.33	4.48	0.00	2.05	125.6
0.70	54.2	0.01	0.8	12	-30.35	-587.4	0.00										
	83	03	06	09	683.5	243.3	-31.4	241.3	-20.82235346	-50.66034117	4.57	4.79	4.47	4.61	0.00	2.17	129.1
0.68	62.8	0.01	1.3	12	-31.31	-608.2	0.00										

	84	03	06	14	693.9	236.0	-23.1	234.9	-20.82241097	-50.66026149	4.65	4.90	4.59	4.71	0.00	2.09	127.7
0.67	53.7	0.01	0.8	13	-31.97	-630.6	0.00										
	85	03	06	19	704.5	228.9	-14.8	228.4	-20.82246909	-50.66018119	4.53	4.78	4.57	4.63	0.00	2.11	127.8
0.76	62.6	0.01	1.3	12	-33.91	-653.1	0.00										
	86	03	06	24	715.0	222.4	-6.2	222.3	-20.82252427	-50.66009861	4.58	4.84	4.55	4.66	0.00	2.11	125.6
0.64	55.7	0.01	0.9	13	-29.74	-674.0	0.00										
	87	03	06	29	725.6	216.2	2.4	216.2	-20.82257884	-50.66001540	4.46	4.70	4.56	4.57	0.00	2.11	125.1
0.85	48.5	0.01	1.3	12	-40.04	-700.8	0.00										
	88	03	06	34	736.2	210.5	11.2	210.2	-20.82263286	-50.65993149	4.53	4.74	4.54	4.60	0.00	2.12	124.6
0.75	52.1	0.01	0.8	12	-34.66	-723.9	0.00										
	89	03	06	39	746.8	205.0	19.8	204.1	-20.82268796	-50.65984830	4.38	4.63	4.35	4.45	0.00	2.12	125.3
0.68	44.9	0.01	1.1	12	-31.83	-745.6	0.00										
	90	03	06	44	757.4	199.4	28.1	197.4	-20.82274767	-50.65976836	4.39	4.66	4.42	4.49	0.00	2.13	128.6
0.69	61.2	0.01	1.0	12	-30.59	-766.3	0.00										
	91	03	06	49	770.1	192.6	37.5	188.9	-20.82282433	-50.65967806	4.21	4.47	4.28	4.32	0.00	2.11	132.3
0.74	60.6	0.01	1.0	11	-32.19	-787.2	0.00										
	92	03	06	55	778.6	188.2	43.6	183.1	-20.82287681	-50.65961950	4.12	4.32	4.09	4.18	0.00	2.11	133.8
0.65	55.0	0.01	1.1	11	-28.25	-806.1	0.00										
	93	03	06	59	789.0	183.1	51.1	175.8	-20.82294181	-50.65954730	3.96	4.23	4.00	4.06	0.00	2.08	133.9
0.69	57.9	0.02	1.0	10	-28.48	-823.9	0.00										

	94	03	07	04	799.6	178.5	58.8	168.5	-20.82300776	-50.65947366	3.51	3.83	3.52	3.62	0.00	2.12	133.8
0.75	66.4	0.02	1.8	9	-26.74	-840.7	0.00										
	95	03	07	09	809.1	173.8	64.9	161.3	-20.82307293	-50.65941482	2.64	3.02	2.96	2.87	0.00	1.90	139.8
0.64	77.2	0.02	1.6	6	-15.48	-848.8	0.00										
	96	03	07	14	817.9	170.1	70.8	154.6	-20.82313229	-50.65935779	2.42	2.51	2.37	2.43	0.00	1.77	138.1
0.79	62.1	0.03	2.9	5	-16.60	-857.2	0.00										
	97	03	07	19	826.7	167.1	76.9	148.3	-20.82318896	-50.65929934	2.28	2.38	2.26	2.31	0.00	1.75	136.1
0.57	50.0	0.03	2.3	4	-11.54	-862.2	0.00										
	98	03	07	24	835.5	164.9	83.3	142.3	-20.82324313	-50.65923786	1.82	1.89	1.81	1.84	0.00	1.76	133.3
0.62	16.5	0.05	4.8	3	-8.88	-865.6	0.00										
	99	03	07	29	844.3	163.2	89.7	136.3	-20.82329731	-50.65917589	1.47	1.66	1.61	1.58	0.00	1.76	133.1
0.67	91.1	0.14	9.9	1	-6.24	-866.6	0.00										
	100	03	07	34	852.9	161.5	95.7	130.1	-20.82335283	-50.65911810	1.47	1.66	1.61	1.58	0.00	1.72	135.8
0.63	63.1	0.08	100.0	1	-8.22	-867.9	0.00										
	101	03	07	39	861.2	160.0	101.2	123.9	-20.82340858	-50.65906515	1.47	1.66	1.61	1.58	0.00	1.66	
138.4	0.67	64.3	0.08	100.0	1	-8.48	-869.2	0.00									
	102	03	07	44	868.3	156.4	103.6	117.2	-20.82346915	-50.65904268	1.47	1.66	1.61	1.58	0.00	1.43	
160.9	0.61	87.7	0.09	100.0	1	-6.54	-870.2	0.00									
	103	03	07	49	874.6	150.6	101.4	111.3	-20.82352195	-50.65906345	1.47	1.66	1.61	1.58	0.00	1.25	
200.2	0.94	162.5	0.24	100.0	1	-5.71	-871.1	0.00									

	104	03	07	54	882.2	143.8	94.4	108.4	-20.82354773	-50.65913099	1.05	1.07	1.05	1.06	0.00	1.26	247.8
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-871.1	0.00										
	105	03	08	00	888.1	139.4	88.5	107.7	-20.82355425	-50.65918775	1.16	1.17	1.20	1.18	0.00	1.49	263.0
0.00	0.0	0.00	100.0	0	0.00	-871.1	0.00										
	106	03	08	04	896.7	134.5	79.9	108.1	-20.82355042	-50.65927018	1.62	1.64	1.53	1.60	0.00	1.72	272.8
0.57	196.2	0.05	3.5	2	-7.57	-873.3	0.00										
	107	03	08	10	906.1	129.4	70.6	108.5	-20.82354714	-50.65936002	2.78	2.69	2.59	2.69	0.00	1.87	272.2
0.67	204.6	0.04	3.6	5	-15.60	-880.7	0.00										
	108	03	08	14	915.6	124.0	61.0	108.0	-20.82355195	-50.65945194	3.26	3.23	3.07	3.19	0.00	1.91	266.8
0.52	181.3	0.02	1.5	7	-15.86	-889.5	0.00										
	109	03	08	19	925.3	118.8	51.4	107.1	-20.82355965	-50.65954487	3.71	3.79	3.57	3.69	0.00	1.94	264.9
0.57	185.7	0.02	1.5	9	-20.05	-901.9	0.00										
	110	03	08	24	935.2	114.0	41.6	106.2	-20.82356826	-50.65963895	4.14	4.19	4.03	4.12	0.00	1.97	264.4
0.74	184.2	0.01	1.0	11	-29.42	-921.7	0.00										
	111	03	08	29	945.0	110.3	31.8	105.6	-20.82357315	-50.65973304	4.32	4.50	4.28	4.37	0.00	1.96	266.8
0.69	190.2	0.01	1.1	12	-28.72	-941.5	0.00										
	112	03	08	34	954.7	107.6	22.0	105.3	-20.82357621	-50.65982696	4.36	4.56	4.34	4.42	0.00	1.95	268.0
0.68	184.7	0.01	0.8	12	-29.10	-961.5	0.00										
	113	03	08	39	966.4	105.6	10.3	105.1	-20.82357744	-50.65993938	4.37	4.62	4.37	4.45	0.00	1.95	269.3
0.67	200.0	0.01	0.8	12	-27.13	-980.0	0.00										

	114	03	08	45	974.1	105.4	2.6	105.4	-20.82357532	-50.66001342	4.37	4.63	4.32	4.44	0.00	1.93	271.8
0.58	194.3	0.01	1.0	12	-24.36	-996.7	0.00										
	115	03	08	49	983.8	105.6	-7.1	105.4	-20.82357521	-50.66010697	4.25	4.53	4.26	4.35	0.00	1.95	270.1
0.65	201.2	0.01	0.8	11	-25.81	-1013.3	0.00										
	116	03	08	54	993.4	106.3	-16.7	105.0	-20.82357896	-50.66019904	3.94	4.31	4.06	4.10	0.00	1.92	267.5
0.52	199.7	0.02	1.5	10	-18.95	-1025.1	0.00										
	117	03	08	59	1002.9	107.2	-26.0	104.0	-20.82358775	-50.66028929	3.41	3.71	3.51	3.54	0.00	1.89	
264.1	0.61	209.6	0.02	1.3	8	-16.63	-1034.7	0.00									
	118	03	09	04	1010.5	106.9	-33.3	101.6	-20.82360881	-50.66035873	2.63	3.01	2.68	2.77	0.00	1.52	
252.0	0.74	198.9	0.03	2.3	6	-12.48	-1041.4	0.00									
	119	03	09	09	1015.2	103.1	-34.6	97.1	-20.82364983	-50.66037209	2.40	2.50	2.23	2.38	0.00	0.95	196.9
0.24	136.3	0.05	3.4	4	-2.36	-1042.4	0.00										
	120	03	09	14	1021.8	97.6	-29.4	93.1	-20.82368563	-50.66032126	2.76	2.73	2.47	2.65	0.00	1.32	127.0
0.75	5.5	0.03	3.1	5	-11.25	-1047.8	0.00										
	121	03	09	19	1031.1	92.2	-20.7	89.8	-20.82371516	-50.66023806	3.45	3.55	3.22	3.41	0.00	1.85	110.8
0.45	7.2	0.02	1.4	8	-13.77	-1055.9	0.00										
	122	03	09	24	1041.1	87.6	-11.1	86.9	-20.82374116	-50.66014549	3.65	3.84	3.55	3.68	0.00	2.01	106.7
0.63	36.2	0.02	1.5	9	-21.92	-1069.5	0.00										
	123	03	09	29	1051.4	84.1	-1.2	84.1	-20.82376676	-50.66005077	3.75	3.89	3.57	3.74	0.00	2.05	106.1
0.50	32.8	0.02	1.4	9	-18.18	-1080.6	0.00										

	124	03	09	34	1063.9	80.6	10.5	79.9	-20.82380457	-50.65993781	4.03	4.45	3.62	4.03	0.00	2.08	109.7
0.61	32.7	0.02	1.3	9	-25.01	-1095.0	0.00										
	125	03	09	40	1072.3	78.9	18.3	76.7	-20.82383280	-50.65986254	3.62	3.77	3.59	3.66	0.00	2.11	111.9
0.68	53.5	0.02	1.8	9	-22.20	-1108.8	0.00										
	126	03	09	44	1082.7	77.7	27.9	72.5	-20.82387100	-50.65977080	3.52	3.77	3.43	3.57	0.00	2.09	114.0
0.60	44.8	0.02	1.3	8	-20.83	-1120.7	0.00										
	127	03	09	49	1093.1	77.5	37.2	68.0	-20.82391138	-50.65968072	4.21	4.35	4.02	4.19	0.00	2.08	115.6
0.61	44.3	0.01	1.3	11	-25.03	-1137.3	0.00										
	128	03	09	54	1103.5	78.2	46.3	63.0	-20.82395641	-50.65959321	4.18	4.41	4.15	4.25	0.00	2.08	118.8
0.74	44.3	0.01	1.0	11	-31.62	-1158.1	0.00										
	129	03	09	59	1113.8	80.2	55.4	58.0	-20.82400085	-50.65950590	3.96	4.25	3.97	4.06	0.00	2.07	118.6
0.54	39.5	0.02	1.5	10	-22.33	-1172.2	0.00										
	130	03	10	04	1124.3	83.8	64.7	53.3	-20.82404362	-50.65941690	3.60	3.87	3.66	3.71	0.00	2.08	117.2
0.59	37.0	0.02	1.3	9	-22.30	-1185.9	0.00										
	131	03	10	09	1134.7	88.6	74.0	48.6	-20.82408530	-50.65932699	3.36	3.62	3.39	3.46	0.00	2.09	116.4
0.72	43.9	0.02	1.7	8	-24.88	-1200.4	0.00										
	132	03	10	14	1145.1	94.3	83.4	44.0	-20.82412697	-50.65923686	2.98	3.21	2.97	3.05	0.00	2.09	116.3
0.68	34.1	0.03	1.8	7	-21.47	-1212.8	0.00										
	133	03	10	19	1155.6	100.7	92.7	39.3	-20.82416926	-50.65914722	2.71	2.88	2.75	2.78	0.00	2.09	116.8
0.71	38.7	0.02	2.0	6	-20.22	-1223.6	0.00										

	134	03	10	24	1166.0	107.6	101.9	34.5	-20.82421266	-50.65905891	2.67	2.81	2.67	2.72	0.00	2.07
117.7	0.76	41.9	0.02	1.6	6	-20.74	-1235.0	0.00								
	135	03	10	29	1178.4	116.7	113.0	29.1	-20.82426141	-50.65895155	2.46	2.56	2.51	2.51	0.00	2.07
115.9	0.59	32.7	0.03	1.9	5	-15.16	-1242.5	0.00								
	136	03	10	35	1186.6	123.1	120.5	25.4	-20.82429406	-50.65888001	2.31	2.43	2.33	2.36	0.00	2.07
116.0	0.63	34.1	0.02	2.1	4	-15.24	-1248.9	0.00								
	137	03	10	39	1197.1	131.5	129.9	20.9	-20.82433514	-50.65878975	2.25	2.35	2.20	2.27	0.00	2.09
116.0	0.66	38.4	0.04	2.8	4	-15.28	-1255.6	0.00								
	138	03	10	45	1206.8	137.4	136.7	13.9	-20.82439729	-50.65872407	2.40	2.56	2.31	2.42	0.00	1.94
135.4	0.95	65.2	0.04	3.7	4	-21.09	-1264.4	0.00								
	139	03	10	49	1215.4	136.4	136.3	5.4	-20.82447428	-50.65872790	2.47	2.56	2.36	2.46	0.00	1.71 182.7
0.77	106.7	0.04	2.5	5	-15.70	-1272.3	0.00									
	140	03	10	54	1223.2	129.8	129.8	0.9	-20.82451433	-50.65879024	2.66	2.85	2.69	2.73	0.00	1.57 235.5
0.75	162.8	0.03	2.7	6	-15.36	-1280.6	0.00									
	141	03	10	59	1232.0	121.1	121.1	-0.1	-20.82452378	-50.65887427	2.86	3.03	2.79	2.89	0.00	1.76 263.1
0.52	169.2	0.02	1.5	6	-13.25	-1287.5	0.00									
	142	03	11	04	1241.7	111.5	111.4	-0.9	-20.82453059	-50.65896691	2.94	3.08	2.86	2.96	0.00	1.93 265.5
0.53	194.2	0.02	2.2	6	-14.38	-1294.9	0.00									
	143	03	11	09	1251.8	101.4	101.4	-1.5	-20.82453565	-50.65906404	3.33	3.43	3.15	3.30	0.00	2.02 266.8
0.67	188.3	0.02	1.3	7	-21.81	-1306.7	0.00									

	144	03	11	14	1261.7	91.5	91.5	-1.6	-20.82453720	-50.65915886	3.48	3.59	3.33	3.47	0.00	1.97	269.0
0.62	176.1	0.02	1.7	8	-21.31	-1319.2	0.00										
	145	03	11	19	1271.5	81.7	81.7	-1.9	-20.82453952	-50.65925328	3.55	3.71	3.51	3.59	0.00	1.96	268.5
0.63	184.8	0.02	1.1	9	-21.92	-1333.0	0.00										
	146	03	11	24	1283.3	70.0	69.9	-2.5	-20.82454481	-50.65936639	3.80	4.03	3.66	3.83	0.00	1.96	267.1
0.55	184.0	0.02	1.5	9	-20.46	-1345.3	0.00										
	147	03	11	30	1291.1	62.2	62.1	-2.8	-20.82454795	-50.65944133	3.86	4.08	3.71	3.88	0.00	1.95	267.4
0.51	183.8	0.01	1.0	9	-19.25	-1356.7	0.00										
	148	03	11	34	1300.9	52.4	52.3	-3.6	-20.82455482	-50.65953601	3.83	4.12	3.74	3.90	0.00	1.97	265.6
0.62	199.8	0.02	1.3	10	-21.81	-1370.8	0.00										
	149	03	11	39	1310.8	42.7	42.4	-4.3	-20.82456094	-50.65963065	3.73	4.03	3.70	3.82	0.00	1.97	266.0
0.50	183.0	0.02	1.4	9	-18.83	-1382.1	0.00										
	150	03	11	44	1320.6	33.1	32.7	-5.2	-20.82456964	-50.65972420	3.42	3.67	3.33	3.47	0.00	1.95	264.3
0.65	190.1	0.02	1.2	8	-21.26	-1394.6	0.00										
	151	03	11	49	1330.1	24.2	23.3	-6.5	-20.82458091	-50.65981495	2.68	2.98	3.24	2.97	0.00	1.90	262.4
0.53	196.8	0.03	2.6	6	-13.74	-1401.6	0.00										
	152	03	11	54	1338.2	17.1	15.3	-7.7	-20.82459214	-50.65989199	2.93	2.92	2.80	2.88	0.00	1.62	261.1
0.43	172.4	0.03	2.3	6	-9.98	-1406.8	0.00										
	153	03	11	59	1345.4	12.2	8.2	-9.1	-20.82460415	-50.65996012	3.91	3.97	3.71	3.86	0.00	1.44	259.3
0.43	183.3	0.01	1.1	9	-11.66	-1413.8	0.00										

Apêndice 2

Modelo de Ficha Adotado na Avaliação Geoambiental

Modelo de Formulário

DADOS CADASTRAIS	
Data: ____/____/____	Nº Formulário: _____
Aplicador: _____	
Localidade: _____	
Nome da drenagem: _____	
Coordenadas (UTM): _____/_____ Fuso: _____	
Hierarquia da drenagem: _____	
Escala de estudo: ( ) Drenagem ( ) Sub-bacia ( ) Bacia	
Localização da área: ( ) Continente ( ) Estuário	
Tamanho da área de estudo: _____	
Margem: ( ) Direita ( ) Esquerda ( ) Canal ( ) Banco de areia/ilha fluvial	

Parâmetros climáticos

Tabela 72 - Tipo climático local (Köppen-Geiger).

Tipologia	Volume (mm/ano)	Peso
Tropical (A)	>1.500	1
Árido (B)	Climas secos e precipitação anual inferior a 500mm	9
Temperado (C)	?1.100-2.000? Estações de Verão e Inverno bem definidas	6
Continental (D)	Estações de Verão e Inverno bem definidas	5
Glacial (E)	Estação do Verão pouco definida ou inexistente, podendo ser definido como Climas polares e de alta montanha	9
Não classificado	Ausência de dados	5

Tabela 73 - Tipo climático local - Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).

Tipologia	Precipitação pluviométrica	Peso
S	Precipitação anual total média entre 380 e 760mm	5
W	Precipitação anual total média < 250mm	8
f	Ausência de estação seca definida e ocorrência de precipitação pluviométrica em todos os meses do ano.	1
w	Chuvas de Verão	9
s	Chuvas de Inverno	9
w'	Chuvas de Verão-outono	8
s'	Chuvas de Inverno-outono	8
m	Precipitação total anual média > 1500mm Precipitação do mês mais seco < 60mm	7
T	Temperatura média do ar no mês mais quente compreendida entre 0 e 10°C	7
F	Temperatura média do mês mais quente < 0°C	8
M	Precipitação abundante e Inverno pouco rigoroso	6

Tabela 74 – Temperatura média - Köppen-Geiger (PEEL; FINLAYSON; MCMAHON, 2007).

Tipologia	Temperatura média do ar	Peso
a	Temperatura média do ar no mês mais quente $\geq 22^{\circ}\text{C}$	7
b	Temperatura média do ar no mês mais quente < 22°C	1
	Temperaturas médias do ar nos 4 meses mais quentes > 10°C	7
c	Temperatura média do ar no mês mais quente < 22°C	6
	Temperaturas médias do ar > 10°C durante menos de 4 meses	6
	Temperatura média do ar no mês mais frio > -38°C	9
d	Temperatura média do ar no mês mais frio < -38°C	9
h	Temperatura média anual do ar > 18°C	6
	Deserto ou semi-deserto quente (temperatura anual média do ar igual ou superior a 18°C)	9
k	Temperatura média anual do ar < 18°C	5
	Deserto ou semi-deserto frio (temperatura anual média do ar inferior a 18°C)	6

Pontuação Parcial

Limite	Classificação parcial
3-14	Baixo
15-18	Médio
19-27	Alto

Parâmetros Geológicos (Condição do material geológico)

Tabela 75 – Natureza do substrato.

Litologia	Peso
Solo	8
Depósito sedimentar	9
Rocha ígnea	1
Rocha metamórfica	2
Rocha sedimentar	5
Contato geológico	9

Tabela 76 - Tipos de solos.

Tipo de solo	Peso
Aluvião	9
Aterro	6
Depósito sedimentar	9
Depósito sedimentar pedogenizado	5
Orgânico	5
Paleossolo	5
Solo residual jovem	1
Solo residual maduro	3
Transportado	9
Contato geológico	9
Ausente	1

Pontuação Parcial

Limite	Classificação párcial
1-8	Baixo
9-13	Médio
14-18	Alto

Parâmetros Geomorfológicos

Tabela 77 - Tipos de vales fluviais

Tipologia	Peso
U	8
V	9
Tabular	7
Irregular	8
Cruzado	9

Tabela 78 – Tipo de canal fluvial.

Tipo de canal	Peso
Retilíneo	3
Meandrante	9
Anastomosados	5
Entrelaçados	6

Tabela 79 - Grau de Inclinação do terreno (EMBRAPA, 1979).

Tipologia	Inclinação (%)	Peso
Plana	0 – 3	1
Suave Ondulada	3 – 8	5
Ondulada	8 – 20	7
Muito Ondulada	20 – 45	9
Forte Ondulada	45 – 75	8
Uso Restrito	>75	6

Tabela 80 - Tipo de vertentes (adaptado de NBR 11682, 2006).

Tipologia	Peso
Convexa	9
Côncava	5
Convexa-Côncava	6
Côncava-Convexa	3
Retilínea	1

Pontuação Parcial

Limite	Classificação párcial
12-22	Baixo
23-26	Médio
27-36	Alto

Parâmetros hidráulicos

Tabela 81 - Tipo de regime.

Tipologia	Peso
Perene	9
Intermitente	7
Irregular	5
Caótico	6

Tabela 82 – Vazão (m³/s).

Grau	Variação (m ³ /s)	Peso
Muito baixa	≤1	8
Baixa	1-100	7
Normal	500	5
Alta	1.000	8
Muito alta	≥10.000	9
Ausência de vazão	-	9
Não mensurado	-	5

Tabela 83 - Ocorrência de nascente.

Tipologia	Peso
Ausente	1
Presente	9
Não observado	5

Tabela 84 – Sólidos em suspensão (% de sedimento/ 500ml)

Tipologia (%)	Parâmetro (%)	Peso
Muito baixa	0-4	1
Baixa	5-9	3
Normal	10-24	5
Alta	25-49	9
Muito alta	≥50	5
Não mensurado	-	5

Pontuação Parcial

Limite	Grau de influência
12-21	Baixo
22-27	Médio
28-36	Alto

Parâmetros Geotécnicos

Tabela 85 – Textura dos solos (granulometria).

Tipologia	Peso
Arenosa	9
Areia franca	8
Areia siltosa	9
Franco arenoso	7
Franco argilosa-arenoso	7
Franco argilosa	5
Areia argilosa	8
Argilosa	5
Argila siltosa	8
Franco argilo-siltoso	6
Franco siltoso	6
Siltoso	6
Silte arenoso	9
Franco	5

Tabela 86 – Permeabilidade dos solos (adaptado de STANCATI; NOGUEIRA; MONJEVILAR, 1981 *apud* LORANDI et al., 2001).

Tipo de solo	Parâmetro (cm/s)	Peso
Praticamente Impermeável	$<10^{-7}$ cm/s	9
Muito Baixa	10^{-5} a 10^{-7} cm/s	7
Baixa	10^{-3} a 10^{-5} cm/s	5
Média	10^{-1} a 10^{-3} cm/s	3
Alta	$<10^{-1}$ cm/s	1

Tabela 87 - Teor de matéria orgânica dos solos.

Tipologia (%)	Matéria Orgânica (%)	Peso
Muito baixa	0-4	1
Baixa	5-9	3
Normal	10-24	5
Alta	25-49	7
Muito alta	≥ 50	9
Não mensurado	-	5

Tabela 88 – Grau de Saturação (adaptado de IAEG, 1979).

Tipo de solo	Grau de Saturação (%)	Peso
Naturalmente seco	0 – 24	9
Úmido	25 – 0,49	1
Muito úmido	0,50 – 0,79	5
Altamente saturado	0,80 – 0,94	7
Saturado	0,95 – 1,00	9
Não mensurado	-	5

Tabela 89 - Problemas geotécnicos.

Tipologia	Peso
Assoreamento	9
Ausente	1
Enchente	9
Erosão linear	7
Erosão por <i>Piping</i>	8
Fluxo de detritos	9
Inundações	8
Mixto	9
Outros	5
Presença de cunha	8
Queda de blocos	6
Ravina	8
Recalque	9
Ruptura de talude	7
Solapamento basal	8
Tombamento	8
Voçoroca	9

Pontuação Parcial

Límite	Grau de influência
9-32	Baixo
33-37	Médio
38-45	Alto

Parâmetros ecológicos

Tabela 90 - Faixa marginal (mata ciliar).

Tipologia	Peso
Presente	1
Ausente	9

Tabela 91 – Característica da faixa marginal (mata ciliar).

Tipologia	Peso
Continua	1
Descontínua	7
Irregular	6
Ausente	9

Tabela 92 - Aspécto vegetacional da mata ciliar.

Tipologia	Peso
Arbórea	1
Arbustiva	6
Reflorestada	5
Desmatada	9

Tabela 93 - Tipo de vegetação na drenagem (fixação ao leito).

Tipologia	Peso
Fixa	1
Flutuante	5
Mista	3
Ausente	9

Tabela 94 - Cobertura do solo da mata ciliar.

Tipologia	Peso
Solo com serrapilheira	1
Solo exposto	9
Material compactado	8

Pontuação Parcial

Limite	Grau de influência
5-16	Baixo
17-27	Médio
28-45	Alto

Uso e ocupação ao longo da drenagem

Tabela 95 - Infra-estruturas públicas e privadas

Tipologia	Peso
Ausente	1
Duto/ tubulação	7
Estrada de terra	8
Estrada em paralelepípedo	6
Estrada pavimentada	9
Galeria pluvial	5
Outras	5
Ponte com fundação nas margens	9
Ponte com fundação no canal	9
Viaduto	9

Tabela 96 - Tipo de uso e ocupação

Tipologia	Peso
Agricultura	7
Área natural	1
Hidrovia	5
Industrial	7
Lazer	6
Mineração	9
Misto	9
Pastagem	9
Urbano	7

Tabela 97 – Tipo de animal Valores da massa, área do casco e pressão de animais do Vale do Pajeú, em Pernambuco (adaptado de SOUSA et al., 1998 *apud* SOUSA et al., 1998).

Animal	Peso
Bovino	9
Novilho	7
Bezerro	6
Equino	6
Caprino	5
Muar	5
Asinino	6
Ausente	1

Tabela 98 - N° de animais por hectare.

Tipologia	Nº de animais					Peso
	1	5	10	50	≥100	
Bovino	5	6	7	8	9	
Novilho	3	4	5	6	7	
Bezerro	2	3	4	5	6	
Equino	2	3	4	5	6	
Caprino	1	2	3	4	5	
Muar	1	2	3	4	5	
Asinino	2	3	4	5	6	
Outros	5	5	5	5	5	
Ausente	1					
	1	5	10	50	≥100	
	Hectare					

Tabela 99 - Tipo de pastagem.

Tipologia	Peso
Livre	9
Confinada	5
Mista	7
Ausente	1

Tabela 100 – Planejamento do uso do solo.

Tipologia	Peso
Presente	1
Ausente	9

Tabela 101 - Infra-estruturas pra controle de erosão

Tipologia	Peso
Piscinão	5
Estruturas em rocha (gabião)	5
Estruturas em solo (aterro)	6
Murro de contenção	3
Cortina atirantada	3
Concreto projetado	3
Coluna de <i>Jet grouting</i>	3
Ausente	9
Sem erosão	1

Tabela 102 - Tipo de Manejo (VIEIRA et al., 1996; BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999).

Tipologia	Peso
Cultivo anual	9
Cordões de vegetação permanente	3
Rotação de cultura	5
Cultivo em faixa	3
Misto	3
Defensivos agrícolas	5
Outros	5
Ausente	9
Sem cultivo	1

Tabela 103 - Localização do cultivo agrícola na planície fluvial.

Tipologia	Peso
Ausente	1
Em área alagada	3
Em curva de nível	5
Em declive	9
Em faixa	5
Em planície	1
Em terraço	3
Sem cultivo	1

Tabela 104 - Tipo de cultura (adaptado de BERTONI & LOMBARDI NETO, 1999; PONS, 2006 *apud* CEREDA JUNIOR, 2006).

Tipologia	Peso
Arroz	6
Banana	5
Cana de açúcar	3
Feijão	9
Hortaliça	7
Laranja	4
Milho	3
Outras culturas	5
Soja	5
Sem cultura agrícola	1

Pontuação Parcial

Limite	Grau de influência
9-22	Baixo
23-46	Médio
47-90	Alto

Tabela 105 - Somatório total da pontuação para classificação final do curso d'água.

Σtotal Limite	Classificação	Classe
<83	Natural	I
84-141	Levemente alterado	II
142-193	Alterado	III
194-234	Muito altado	IV
>235	Degradado	V

Apêndice 3

Tabela 106 - Ensaio de granulometria dos materiais geológicos da área de estudo.

A	Nº das Peneiras							
	2µ	200	100	50	30	16	10	4
1	14,24	26,58	65,07	27,41	14,82	0,12	0,00	0,00
2	11,09	37,26	86,31	13,06	1,60	0,00	0,00	0,00
3	4,06	98,74	98,75	13,76	1,72	0,30	0,00	0,00
4	4,29	27,50	67,75	21,90	12,65	6,06	11,96	0,00
5	4,57	23,76	98,36	19,29	0,00	0,61	0,16	0,00
6	17,71	33,00	74,22	20,84	2,63	0,52	0,07	0,00
7	21,10	33,10	58,18	21,15	8,48	5,92	0,12	0,00
8	4,31	18,31	96,98	27,74	5,56	0,43	0,47	0,00
9	3,67	20,58	99,49	24,90	0,62	0,13	0,00	0,00
10	18,78	40,12	79,03	8,74	1,24	0,47	0,00	0,00
11	23,27	47,38	65,86	10,53	1,78	0,19	0,10	0,00
12	18,05	47,72	69,21	11,85	1,70	0,49	0,04	0,00
13	6,22	24,29	80,95	21,12	8,66	3,48	9,29	0,00
14	24,70	39,00	55,36	17,33	7,85	4,34	0,03	0,00
15	20,90	41,50	50,78	14,15	11,93	9,73	0,21	0,00
16	1,06	11,84	119,61	17,45	0,25	0,02	0,00	0,00
17	12,46	34,78	217,31	47,20	10,00	15,50	49,95	13,78
18	47,06	66,41	22,78	7,27	5,10	0,10	0,25	0,00
19	9,00	51,37	85,75	2,44	0,30	0,06	0,00	0,00
20	6,67	34,60	103,24	5,25	0,07	0,01	0,00	0,00
21	50,78	77,95	6,80	4,41	7,70	1,27	0,00	0,00
22	11,02	36,93	84,67	12,41	2,56	1,38	0,26	0,00
23	3,65	30,86	101,28	13,17	0,37	0,17	0,32	0,00
24	3,56	38,15	94,66	12,67	0,30	0,06	0,00	0,00
25	28,94	51,89	57,26	9,35	4,48	0,83	0,93	0,00
26	7,27	38,27	97,83	9,56	1,27	0,04	0,00	0,00
27	5,41	28,87	97,38	19,98	2,58	0,06	0,04	0,00
28	23,09	30,82	32,11	7,34	14,96	7,95	7,42	0,00
29	27,53	37,45	47,82	9,22	13,61	8,52	9,02	0,00
30	19,04	58,28	57,57	7,94	5,42	0,79	0,03	0,00
31	17,88	40,89	71,76	15,33	2,67	0,20	0,06	0,00
32	5,39	22,85	61,73	21,84	15,97	5,60	7,43	0,00
33	5,39	22,85	61,73	21,84	15,97	7,10	5,42	0,00

Legenda: A=Nº da amostra; h=percentual de umidade.

Continuação da tabela 106

A	Nº das Peneiras								H (%)
	1"	3/4	5/8	1/2	3/8	5/16	1/14	Σ (peso)	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,24	1,19
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,32	0,46
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	217,33	15,03
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	152,11	5,19
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	146,75	2,21
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,99	0,68
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,05	1,32
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153,80	4,03
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,39	0,41
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,38	1,09
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,11	0,60
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,06	0,63
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,01	3,89
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,61	0,94
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,20	0,54
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	150,23	6,50
17	0,00	0,02	0,03	0,03	0,03	22,57	21,59	445,25	12,30
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,97	0,69
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,92	0,73
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,84	0,11
21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,91	0,73
22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,23	0,52
23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,82	0,12
24	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,40	0,40
25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153,68	4,11
26	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,24	3,73
27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	154,32	3,68
28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	123,69	21,27
29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	153,17	4,46
30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	149,07	0,62
31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,79	0,81
32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	140,81	6,53
33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	148,79	0,81

Legenda: A=Nº da amostra; h=percentual de umidade.

Apêndice 4

Variação da capacidade de infiltração da área de estudo

Tabela 107 - Variação da capacidade de infiltração da área de estudo.

Δt / furo	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
00:00:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
00:00:30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,18	0,00	0,00	0,00
00:01:00	0,00	0,36	0,54	1,26	0,54	0,72	0,18	0,18	0,18
00:01:30	0,90	0,54	0,72	1,62	0,54	0,90	0,18	0,18	0,18
00:02:00	0,90	0,72	0,90	3,24	0,72	1,44	0,18	0,36	0,18
00:03:00	0,90	2,34	1,26	4,68	1,08	1,98	0,18	0,36	0,18
00:04:00	0,90	3,06	2,16	5,76	1,44	2,88	0,18	0,36	0,18
00:05:00	1,08	3,60	2,88	6,30	1,80	3,24	0,36	0,36	0,18
00:06:00	1,08	4,50	3,60	7,74	2,34	4,14	0,90	0,54	0,18
00:07:00	1,08	5,04	4,50	9,00	3,06	5,04	0,90	0,72	0,18
00:08:00	1,26	5,58	5,22	1,26	4,14	5,76	0,90	0,72	0,18
00:09:00	1,44	6,12	5,76	2,88	4,68	6,48	1,08	0,9	0,18
00:10:00	1,62	6,66	6,30	4,14	5,04	6,84	1,08	1,08	0,36
00:11:00	1,62	7,38	7,20	5,40	5,40	7,74	1,08	1,08	0,54
00:12:00	1,62	7,56	7,56	6,66	5,94	8,28	1,26	1,08	0,54
00:13:00	1,62	7,92	7,92	7,56	6,66	9,00	1,44	1,08	0,54
00:14:00	1,62	8,46	8,82	8,64	6,84	0,18	1,44	1,08	0,54
00:15:00	1,62	9,00	9,00	9,00	7,20	0,54	1,44	1,08	0,54
00:16:00	1,62	0,54	0,36	0,00	7,56	1,26	1,44	1,08	0,54
00:17:00	1,80	0,90	1,44	1,44	7,92	1,80	1,44	1,08	0,54
00:18:00	2,16	1,62	2,16	2,88	8,10	2,70	1,44	1,08	0,54
00:19:00	2,16	2,52	2,88	4,14	9,00	3,24	1,62	1,08	0,54
00:20:00	2,34	3,06	3,78	5,76	0,36	3,96	1,62	1,08	0,54
00:21:00	2,52	4,14	4,32	6,48	0,90	4,68	1,62	1,08	0,54
00:22:00	2,52	4,68	5,04	8,28	1,08	5,40	1,62	1,08	0,54
00:23:00	2,70	5,22	5,58	9,00	1,80	6,12	1,62	1,08	0,54
00:24:00	2,70	5,76	6,30	0,90	2,34	6,66	1,62	1,08	0,54
00:25:00	2,88	6,30	6,84	2,34	3,24	7,38	1,62	1,08	0,54
00:26:00	2,88	7,02	7,56	3,96	3,60	8,28	1,80	1,08	0,54
00:27:00	2,88	7,38	8,10	5,04	4,14	8,64	1,80	1,08	0,54
00:28:00	3,06	7,92	8,64	6,84	4,68	9,00	1,98	1,08	0,54
00:29:00	3,06	8,28	9,00	7,56	5,04	0,72	1,98	1,08	0,54
00:30:00	3,60	8,82	9,54	8,82	5,40	1,08	1,98	1,08	0,54

Continuação da tabela 107.

$\Delta\tau$ / furo	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9
00:31:00					9,00	1,98			
00:32:00						2,88			
00:33:00						3,78			
00:34:00						4,50			
00:35:00						5,22			
00:36:00						5,76			
00:37:00						7,02			
00:38:00						7,74			
00:39:00						8,28			
00:40:00						9,00			
Volume	3,60	8,82	9,54	27,00	18,00	27,00	1,98	1,08	0,54
vol/$\Delta\tau$ (min.)	0,06	0,147	0,159	0,45	0,3	0,45	0,033	0,018	0,009
vol/$\Delta\tau$ (seg.)	0,001	0,0024 5	0,0026 5	0,0075	0,005	0,0075	0,0005 5	0,0003	0,0001 5

Apêndice 5

Tabela 108 – Variação dos dados de campo baseados no Sistema de Avaliação Geoambiental.

PC	1	2	3	4	5	6	7	8
1.1	9	9	9	9	9	9	9	9
1.2	8	8	8	8	8	8	8	8
1.3	6	6	6	6	6	6	6	6
PP	23	23	23	23	23	23	23	23
2.1	9	9	9	9	9	9	5	9
2.2	5	5	5	5	5	5	1	9
PP	14	14	14	14	14	14	6	18
3.1	7	7	8	7	7	7	7	8
3.2	3	9	9	3	3	9	3	9
3.3	5	5	7	7	7	9	6	9
3.4	5	5	6	6	6	3	9	5
PP	20	26	30	23	23	28	25	31
4.1	9	9	9	9	9	9	9	9
4.2	8	8	8	8	8	8	8	8
4.3	9	5	1	1	1	9	1	9
4.4	1	1	1	1	1	1	1	1
PP	27	23	19	19	19	27	19	27
5.1	9	9	9	9	9	9	9	9
5.2	5	5	5	5	5	5	5	7
5.3	9	9	9	9	9	9	9	9
5.4	9	9	9	9	9	9	9	9
5.5	8	8	8	8	8	8	7	9
PP	40	40	40	40	40	40	39	43
6.1	9	9	9	9	9	9	9	1
6.2	9	9	9	9	9	9	9	7
6.3	9	9	9	9	9	9	9	1
6.4	9	9	9	9	9	9	9	1
6.5	9	9	9	9	9	9	5	5
PP	45	45	45	45	45	45	41	15
7.1	1	1	1	1	1	1	1	1
7.2	9	9	9	9	9	9	9	9
7.3	9	9	9	9	9	9	9	9
7.4	9	9	9	9	9	9	9	9
7.5	9	9	9	9	9	9	9	9
7.6	9	9	9	9	9	9	9	9
7.7	9	9	9	9	9	9	9	9
7.8	9	9	9	9	9	9	9	9
7.9	5	5	5	1	1	1	1	1
7.10	3	3	3	5	5	5	5	5
PP	72	72	72	70	70	70	70	70
PT	241	243	243	234	234	247	223	227
MG	7,30	7,36	7,36	7,09	7,09	7,48	6,76	6,88

Continuação da tabela 108.

PC	9	10	11	12	13	14	15	16
1.1	9	9	9	9	9	9	9	9
1.2	8	8	8	8	8	8	8	8
1.3	6	6	6	6	6	6	6	6
PP	23	23	23	23	23	23	23	23
2.1	9	9	9	5	9	7	7	9
2.2	9	9	9	1	9	3	9	9
PP	18	18	18	6	18	10	16	18
3.1	7	7	7	7	7	7	7	8
3.2	3	3	3	3	9	3	3	3
3.3	8	6	6	5	9	6	5	8
3.4	3	6	9	5	6	6	6	6
PP	21	22	25	20	31	22	21	25
4.1	9	9	9	9	9	9	9	9
4.2	8	8	8	8	8	8	8	8
4.3	1	1	1	1	9	9	1	1
4.4	1	1	1	1	1	1	1	1
PP	19	19	19	19	27	27	19	19
5.1	9	9	9	9	9	9	9	9
5.2	7	7	7	7	5	5	3	5
5.3	9	9	9	7	9	9	9	9
5.4	9	9	9	9	9	9	9	9
5.5	9	9	1	8	9	9	7	9
PP	43	43	35	40	41	41	37	41
6.1	9	9	1	1	1	9	9	9
6.2	9	9	7	7	7	8	8	8
6.3	9	9	6	6	8	9	9	9
6.4	9	1	9	9	9	9	9	9
6.5	9	9	9	9	9	9	9	9
PP	45	37	32	32	34	44	44	44
7.1	1	1	1	1	1	1	1	8
7.2	9	9	9	9	9	9	9	9
7.3	9	9	9	9	9	9	9	9
7.4	9	9	9	9	9	9	9	9
7.5	9	9	9	9	9	9	9	9
7.6	9	9	9	9	9	9	9	9
7.7	9	9	9	9	9	9	9	9
7.8	9	9	9	9	9	9	9	9
7.9	1	1	1	1	3	1	1	1
7.10	1	1	1	1	3	1	1	1
PP	66	66	66	66	70	66	66	73
PT	235	228	218	206	244	233	226	243
MG	7,12	6,91	6,61	6,24	7,39	7,06	6,85	7,36

Continuação da tabela 108.

PC	17	18	19	20	21	22	23	24
1.1	9	9	9	9	9	9	9	9
1.2	8	8	8	8	8	8	8	8
1.3	6	6	6	6	6	6	6	6
PP	23	23	23	23	23	23	23	23
2.1	9	9	9	9	9	9	9	9
2.2	9	9	9	9	9	9	9	9
PP	18	18	18	18	18	18	18	18
3.1	8	8	8	8	9	9	9	9
3.2	3	9	7	9	3	9	9	9
3.3	8	5	5	5	5	1	5	5
3.4	6	5	5	5	5	1	1	1
PP	25	27	25	27	22	20	24	24
4.1	9	9	9	9	9	9	7	9
4.2	8	8	8	8	8	8	8	9
4.3	1	1	9	1	1	9	1	1
4.4	1	1	1	1	1	1	1	1
PP	19	19	27	19	19	27	17	20
5.1	9	9	9	9	9	9	9	9
5.2	3	5	7	3	7	5	5	5
5.3	9	9	9	9	7	9	9	9
5.4	9	9	9	9	9	9	9	9
5.5	9	8	9	9	9	5	9	1
PP	39	40	43	39	41	37	41	33
6.1	9	9	9	9	9	9	9	9
6.2	9	9	9	9	9	9	9	9
6.3	9	9	9	9	9	9	9	9
6.4	9	9	9	9	9	9	9	9
6.5	9	9	9	9	9	5	9	9
PP	45	45	45	45	45	41	45	45
7.1	8	1	8	8	1	1	9	1
7.2	9	9	9	9	9	9	9	9
7.3	9	9	9	9	9	9	9	9
7.4	9	9	9	9	9	9	9	9
7.5	9	9	9	9	9	9	9	9
7.6	9	9	9	9	9	9	9	9
7.7	9	9	9	9	9	9	9	9
7.8	9	9	9	9	9	9	9	9
7.9	5	5	5	5	1	1	1	1
7.10	1	1	1	1	1	1	1	1
PP	77	70	77	77	66	66	74	66
PT	246	242	258	248	234	232	242	229
MG	7,42	7,33	7,82	7,52	7,09	7,03	7,33	6,94

Legenda: PC=ponto de controle; PP=pontuação parcial (por grupo de variável);
PT=pontuação total; MG=média geral.