



**UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA**

DANIEL GALVÃO VERONEZ PARIZOTO

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE DOS SOLOS DA MICROBACIA
DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS, LONDRINA - PR**

Londrina
2008

DANIEL GALVÃO VERONEZ PARIZOTO

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE DOS SOLOS DA MICROBACIA
DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS, LONDRINA - PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação, em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção de título de Mestre em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento.

Orientadora: Profa. Dra. Nilza Aparecida Freres Stipp

Londrina
2008

P234a

Parizoto, Daniel Galvão Veronez

Análise da fragilidade dos solos da microbacia do
Ribeirão das Marrecas, Londrina - PR / Daniel Galvão
Veronez Parizoto – 2008.
210f.

Orientadora: Profa. Dra. Nilza Aparecida Freres Stipp
Dissertação (Mestre em Geografia – Meio
Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Estadual
de Londrina – Londrina – Paraná.

1. Microbacia 2. Fragilidade ambiental 3.
Penetrômetro 4. Infiltrômetro I. Stipp, Nilza Aparecida
Freres II. Título

DANIEL GALVÃO VERONEZ PARIZOTO

**ANÁLISE DA FRAGILIDADE DOS SOLOS DA MICROBACIA
DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS, LONDRINA - PR**

BANCA EXAMINADORA

Nilza Aparecida Freres Stipp [Orientador].

Eloísa Cristiane Torres

Marcelo Eduardo Freres Stipp

Oswaldo Coelho Pereira Neto

Tânia Maria Fresca

Londrina, 15 de agosto de 2008.

Dedico este trabalho
à minha esposa Giuliana pelo total apoio.

Te amarei sempre!

AGRADECIMENTOS

À professora da UEL, minha orientadora, Dra. Nilza Ap. Freres Stipp, pela orientação consistente e dedicada.

Ao colega Ricardo Aparecido Campos pelo apoio e constante prestatividade

Às secretárias Edna Pereira da Silva, Regina Célia Manchini Carlos e Regina Braga, pela amizade e pronto atendimento.

Ao engenheiro agrônomo do IAPAR, João Henrique Caviglione, pelo auxílio com os SIGs.

Ao engenheiro agrônomo do IAPAR, Augusto Guilherme Araújo, pelas orientações com os penetrômetros.

Ao professor e colega da USC, José Carlos Rodrigues Rocha, pelo eterno incentivo.

À responsável pelo Laboratório da USC, Terezinha Edna Morbi, pelos trabalhos com as amostras.

À bibliotecária da USC, Ana Paula Lopes, pelo auxílio metodológicos e a confecção da ficha catalográfica.

Ao professor e colega do EEI, Henrique Pígoli Neto, pelo incondicional apoio nas traduções.

Ao professor e colega do EEI, Welington Luis de Campos, pelo auxílio com os cálculos e fórmulas.

Aos demais professores do programa de mestrado.

A todos os colegas do curso, pelo companheirismo e apoio.

Aos meus pais, Argemiro Parizoto e Ruth Veronez Parizoto.

A Deus.

O MANIFESTO DA TERRA

“Senhores Seres Humanos:

Hoje acordei aborrecida, com os olhos lacrimejantes de tanta fumaça, a pele irritada, certamente porque minha capa de ozônio está furada e meu ar tem mais ácido. Percorri com estes olhos ardidos os lagos, rios e mares; e os vi mais sujos. Depois chorei, devo confessar, chorei uma lágrima incontida para aliviar meu desgosto e desespero, quando notei que meu vestido, aquele verde, estava rasgado. Eu os culpo por boa parte desses transtornos...

...Aceito as suas réplicas quando acusam que também poluo e degrado meu corpo com meus vulcões, terremotos, tempestades. É verdade, mas o faço dentro dos limites estabelecidos para a continuidade da vida, de suas próprias vidas inclusive, coisa que vocês não sabem e não respeitam sequer.

Sei que sua Ciência é suficiente para diminuir tanta ignorância, pobreza e miséria, que contribuem de forma maciça para a minha deterioração e que é suficiente para usar-me criteriosamente rumo a um desenvolvimento sustentável. Mas, se continuarem o seu uso para prejudicar-me, ela não será suficiente para evitar que eu os destrua numa simples faxina doméstica. E se por acaso seu extermínio acontecer por suas próprias loucuras, como numa global poluição radioativa, química ou biológica, eu me recomporei um dia sobre seus fósseis, dando vida a outras vidas mais virtuosas.

Estejam certos, ninguém deste mundo do futuro sentirá saudade de vocês, os piores inquilinos que já tive. Portanto, eduquem-se!

Sinceramente, preocupadamente, Terra”.

Trecho da crônica do livro “Os veleiros do Infinito – Crônicas do Planeta Azul” Iveraldo
Guimarães: Biólogo Marinho, Cientista e Professor.

PARIZOTO, Daniel Galvão Veronez. **Análise da fragilidade dos solos da microbacia do Ribeirão da Marrecas, Londrina - PR.** 2008. 208f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

RESUMO

Este trabalho abordou uma metodologia de avaliação da fragilidade do solo, através de investigações consagradas a respeito do relevo, pluviosidade e uso da terra, com base na produção de cartas e experimentos de campo. Todo o trabalho de análise ambiental tomou como base a microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas localizada a sudeste do Município de Londrina, Estado do Paraná. O planejamento foi entendido segundo os conceitos das Unidades Ecodinâmicas Instáveis e Estáveis propostas por Tricart, onde o ambiente é visto de acordo com a Teoria dos Sistemas e os conceitos de Ross que ampliou os graus das Unidades Ecodinâmicas Instáveis, em uma escala desde muito fraca a muito forte e também das Unidades Ecodinâmicas Estáveis, que mesmo estando em equilíbrio dinâmico apresentam instabilidade potencial qualitativamente previsível através do mapeamento das suas fragilidades. Como resultados da pesquisa foram produzidos documentos como, carta de tipos de solos, carta atual do uso da terra, carta pluviométrica, carta de declividade, entre outras. Dois tipos de ensaio de campo foram efetuados, análises de resistência do solo à penetração através do emprego de dois tipos de penetrômetro e a medição da infiltrabilidade do solo com a utilização do Infiltrômetro de anéis duplos concêntricos. As cartas finais de fragilidade apontaram as áreas de maior e menor instabilidade emergente e instabilidade potencial, demonstrando necessidade de utilização correta da terra com emprego de técnicas adequadas a cada grau de fragilidade.

Palavras-chave: Microbacia. Fragilidade Ambiental. Penetrômetro. Infiltrômetro.

PARIZOTO, Daniel Galvão Veronez. **Analysis of the fragility of soil in the Ribeirão da Marrecas microbasin, Londrina - PR.** 2008. 208p. Dissertação (Mestrado em Geografia, Meio Ambiente e Desenvolvimento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2008.

ABSTRACT

This work covered the soil fragility evaluation methodology throughout consecrated researches about relief, rainfall and soil usage, based on field papers and experiments. All the environmental analysis considered as hidrografic microbasi the Ribeirão das Marrecas Bay located in southeast of Londrina municipality, Paraná state. The planning had been extended following concepts from Instable and Stables Ecodynamics Units, proposed by Tricart, where the environment is considered under System Theories and Ross concepts which enlarged the levels of Instable System Theory, in figures ranging from very weak to very strong and Stable Ecodynamics Unities as well, which even in dynamic balance show potential instability qualitatively predictable through the survey of such weaknesses. As a result of this research lots of maps were produced, such as soil type, current land usage, precipitation measures, ground slope among others. Two field tests were carried out, soil resistance to penetration through the use of two different sorts of penetrometers and the infiltration soil measures used a double concentric ring infiltrometer. The final maps on weaknesses spotted bigger and smaller emerging instable areas and also potential instability, showing the need of a correct soil usage under proper techniques suitable for each weakness level.

Keywords: Microbasin. Environmental Fragility. Penetrometer. Infiltrometer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– Esquema teórico do Geossistema	28
Figura 2	– Componentes de um Sistema de Informação Geográfica	55
Figura 3	– Evolução da tecnologia dos SIGs	57
Figura 4	– Imagem de satélite a 5.000 m de altitude, mostrando a área do Distrito de Irerê e a área da nascente	65
Figura 5	– Imagem de satélite a 1000 m de altitude, mostrando a área da nascente	66
Figura 6	– Média pluviométrica e térmica da região da microbacia do Ribeirão das Marrecas, entre os anos de 1976 e 2007	85
Figura 7	– Fluxograma da pesquisa adaptado de Libault (1971)	97
Figura 8	– Quadrante composto com as 4 cartas topográficas do IBGE e delimitação manual da microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas	99
Figura 9	– Quadrante composto com as 4 cartas topográficas do IBGE com a delimitação digital da rede de drenagem da microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas	100
Figura 10	– Máscara com a delimitação digital da rede de drenagem da microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas	103
Figura 11	– Procedimento para confecção da carta de declividade	106
Figura 12	– Esquema de distribuição dos pontos de coleta	118
Figura 13	– Média pluviométrica e térmica da região da microbacia do Ribeirão das Marrecas, no ano de 2007	151
Figura 14	– Média pluviométrica e térmica da região da microbacia do Ribeirão das Marrecas, no ano de 2007 e início de 2008	152
Figura 15	– Média dos valores de infiltração em áreas de pastagem	168
Figura 16	– Média dos valores de infiltração em áreas com solo exposto	169
Figura 17	– Média dos valores de infiltração em áreas de lavoura	171
Figura 18	– Média dos valores de infiltração em áreas de floresta	172
Figura 19	– Gráfico da porcentagem das classes de fragilidade	176

LISTA DE MAPAS

Mapa 1	– Localização e hipsometria da bacia hidrográfica do Rio Tibagi	62
Mapa 2	– Rede hidrográfica do Rio Tibagi, com destaque para a rede da microbacia do Ribeirão das Marrecas	63
Mapa 3	– Rede hidrográfica do Estado do Paraná	68
Mapa 4	– Carta rede de drenagem.....	70
Mapa 5	– Hipsometria do Estado do Paraná	72
Mapa 6	– Tipos de solos do Município de Londrina, PR	78
Mapa 7	– Tipos climáticos da bacia do Rio Tibagi, PR.....	83
Mapa 8	– Pluviosidade anual do Município de Londrina, com destaque para a área da microbacia do Ribeirão das Marrecas	84
Mapa 9	– Carta base	123
Mapa 10	– Carta de ordem dos canais.....	125
Mapa 11	– Carta hipsométrica.....	127
Mapa 12	– Carta de compartimentação e pontos de coleta	128
Mapa 13	– Carta de solos.....	134
Mapa 14	– Classes de fragilidade dos solos	135
Mapa 15	– Carta de declividade	137
Mapa 16	– Carta de classes de declividade	138
Mapa 17	– Carta de orientação das vertentes.....	141
Mapa 18	– Carta de uso atual da terra	144
Mapa 19	– Carta de classes de uso da terra	145
Mapa 20	– Carta da cobertura vegetal em APPs	150
Mapa 21	– Carta de pluviosidade	155
Mapa 22	– Carta de classes de fragilidade.....	177

LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Aspecto urbano do Distrito de Irerê, Município de Londrina, PR	64
Foto 2 – Área de benfeitorias da fazenda Boa Vista, próxima a nascente	65
Foto 3 – Área da nascente de Ribeirão das Marrecas.....	66
Foto 4 – Área da foz, onde o Marrecas encontra-se com o Rio Tibagi.....	67
Foto 5 – Área de Floresta Semidecidual, próxima ao curso do ribeirão	91
Foto 6 – Penetrômetro de Bolso para Solos	114
Foto 7 – Penetrômetro de Solos com Anel Dinamométrico	115
Foto 8 – Trincheira com marcação de 0+10, 0+20 e 0+30cm	116
Foto 9 – Uso do Penetrômetro de Bolso para Solos na marcação de 10cm	116
Foto 10 – Uso do Penetrômetro de Solos com Anel Dinamométrico em posição vertical na marcação de 20cm	116
Foto 11 – Uso do Penetrômetro de Solos com Anel Dinamométrico em posição horizontal na marcação de 20cm	116
Foto 12 – Infiltrômetros de Anéis Duplos Concêntricos	117
Foto 13 – Instalação dos anéis	120
Foto 14 – Distribuição dos infiltrômetros.....	120
Foto 15 – Tomada da temperatura	120
Foto 16 – Coleta das amostras.....	120
Foto 17 – Pesagem das amostras	120
Foto 18 – Secagem das amostras	120
Foto 19 – Solo exposto durante de entressafra com o Marrecas ao fundo	149
Foto 20 – Escorrimento no leito da estrada após 15 min. de chuva	149
Foto 21 – Estrada cortando área de mata nativa.....	149
Foto 22 – Leito demarcado do Marrecas desprovido de Mata Ciliar.....	149
Foto 23 – Leito do Marrecas	149
Foto 24 – Leito demarcado do Marrecas com Mata Ciliar	149
Foto 25 – Preparação do local de instalação dos anéis	170
Foto 26 – Teste em andamento no ponto 8.....	170
Foto 27 – Cultivo de soja com baixa cobertura vegetal	180
Foto 28 – Erosão em sulco, em área de pouco declive, no cultivo de soja	180
Foto 29 – Cultivo de soja com área de Neossolo ao fundo	180
Foto 30 – Detalhe do Neossolo com pés de café no topo e na base do morro ..	180

Foto 31 – Erosão em áreas de declive acentuado, em área de pastagem.....	180
Foto 32 – Rocha exposta em área de pastagem	180
Foto 33 – Um dos pontos de despejo de esgoto no distrito de Irerê.....	182
Foto 34 – Colheitadeira em área de trigo	182
Foto 35 – Estrada dentro de uma propriedade	182
Foto 36 – Área com cultivo de soja com estrada de terra ao fundo.....	182
Foto 37 – Outra área com cultivo de soja com estrada de terra ao fundo	182
Foto 38 – Voçoroca na área de maior fragilidade identificada no CIII	182

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Cotas hipsométricas e respectivas áreas do Estado do Paraná	71
Quadro 2 – Caracterização climática da bacia hidrográfica do Rio Tibagi, PR.....	83
Quadro 3 – Evolução da cobertura florestal no Estado do Paraná – 1895/1987	89
Quadro 4 – Classes de altitude com intervalo de 40 m	104
Quadro 5 – Classes de declividade	105
Quadro 6 – Classes de declividade segundo Ross	106
Quadro 7 – Classes de fragilidade.....	109
Quadro 8 – Hierarquias de declividade.....	109
Quadro 9 – Tipos de solos com destaque para os encontrados na área de estudo	110
Quadro 10 – Uso atual da terra e cobertura vegetal da área de estudo	110
Quadro 11 – Índices de pluviosidade com destaque para a classe encontrada na área de estudo	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição das cotas altimétricas da microbacia do Ribeirão das Marrecas	129
Tabela 2 – Compartimentação da microbacia do Ribeirão das Marrecas	130
Tabela 3 – Distribuição dos tipos de solos da microbacia do Ribeirão das Marrecas.....	133
Tabela 4 – Classes de declividade da microbacia do Ribeirão das Marrecas.....	139
Tabela 5 – Classes de uso da microbacia do Ribeirão das Marrecas	143
Tabela 6 – Média térmica e pluviométrica da região da microbacia no ano de 2007 e início de 2008, com destaque para os meses em que foram realizados a maior parte dos trabalhos de campo	153
Tabela 7 – Data dos trabalhos de campo e pluviosidade nos dias anteriores.....	156
Tabela 8 – Uso da terra, umidade e valores de resistência do solo à penetração determinada com os dois modelos de penetrômetros.....	158
Tabela 9 – Freqüência dos pontos em relação ao uso da terra.....	160
Tabela 10 – Valores mínimos e máximos de RP do total de pontos.....	161
Tabela 11 – Valores mínimos e máximos de RP dos pontos em pastagem.....	161
Tabela 12 – Valores mínimos e máximos de RP dos pontos em solo exposto	161
Tabela 13 – Valores mínimos e máximos de RP dos pontos em lavoura.....	162
Tabela 14 – Valores mínimos e máximos de RP dos pontos em floresta.....	163
Tabela 15 – Classes de Fragilidades em função da resistência à penetração.....	164
Tabela 16 – Valores da infiltração para cada período de 10 minutos	166
Tabela 17 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração do total de pontos	167
Tabela 18 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração dos pontos em pastagem	168
Tabela 19 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração dos pontos em solo exposto	169

Tabela 20 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração dos pontos em lavoura	171
Tabela 21 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração dos pontos em floresta	172
Tabela 22 – Classes de fragilidade da microbacia do Ribeirão das Marrecas.....	176

LISTA DE SIGLAS

AIA	Avaliação de Impactos Ambientais.
APP	Área de Preservação Permanente.
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente.
EIA	Estudo de Impacto Ambiental.
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
FEEMA	Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente.
GPS	<i>Global Positioning System.</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.
IPARDES	Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social.
MNT	Modelagem Numérica de Terreno.
PNMA	Política Nacional de Meio Ambiente.
PNMH	Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas.
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.
PI	Plano de Informação.
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental.
SEMA	Secretaria Especial do Meio Ambiente.
SIG	Sistema de Informação Geográfica.
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission.</i>
TGS	Teoria Geral dos Sistemas.
UEL	Universidade Estadual de Londrina.
USC	Universidade do Sagrado Coração de Jesus.
USP	Universidade de São Paulo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1 A TEORIA DOS SISTEMAS.....	23
2.2 OS CONCEITOS DE BACIA HIDROGRÁFICA E SUA IMPORTÂNCIA NA ANÁLISE AMBIENTAL	37
2.3 A SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA PELA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS.....	45
2.4 O USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA VERIFICAÇÃO E ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS	50
3 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA	61
3.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA DO RIO TIBAGI E DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS	61
3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS REDES HIDROGRÁFICAS	68
3.3 RELEVO REGIONAL E LOCAL DA ÁREA EM ESTUDO.....	71
3.4 ASPECTOS GEOLÓGICOS E PEDOLÓGICOS	75
3.5 ELEMENTOS CLIMÁTICOS E AS CARACTERÍSTICAS REGIONAIS.....	80
3.6 COBERTURA VEGETAL ORIGINAL	87
4 ROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	93
4.1 MATERIAIS.....	93
4.2 MÉTODOS E TÉCNICAS	96
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	121
5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS CARTOGRÁFICOS.....	121
5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS TRABALHOS DE CAMPO	156
5.3 A CARTA DE FRAGILIDADE	174
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	184
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	189
ANEXOS	201

1 INTRODUÇÃO

Os diferentes momentos da história da humanidade foram marcados pelos mais diversos processos de exploração dos recursos naturais, que de modo eficiente, podem demonstrar as complexas e variadas formas com que as sociedades entendem e interpretam o mundo.

Atualmente o planeta experimenta uma voracidade de exploração generalizada de seus recursos sem precedente na história humana. Fatos análogos em pontos mais restritos já levaram civilizações inteiras ao colapso. O aumento populacional generalizado, o amplo crescimento urbano e a conseqüente necessidade de ampliação da produção agrícola estão tornando os ambientes naturais cada vez mais frágeis e suscetíveis aos processos de degradação.

Por outro lado, o reconhecimento global da complexidade crescente desses problemas, bem como a busca pelo seu entendimento estão ganhando maior destaque e permeando, cada vez mais, o contexto social e econômico das populações envolvidas.

Na conjuntura ambiental, a educação e pesquisa como forma de obtenção de valores, habilidades e atitudes que demonstrem a criação de uma consciência esclarecida do indivíduo em sua relação com a natureza e o meio ambiente para sua preservação e conservação é reconhecida desde o importante

marco da Conferência Mundial sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, 1972.

As palavras “Desenvolvimento” e “Meio Ambiente”, presentes no nome do curso de pós-graduação em Geografia da UEL - Universidade Estadual de Londrina, motivo deste trabalho, podem a princípio dar a idéia de contrariedade, de conflito ou de embate, todavia é a busca e a produção de conhecimento que são capazes de colaborar com a retomada de equilíbrio entre os processos de exploração necessários ao Homem e a sustentável potencialidade da natureza.

Desta forma, o presente trabalho de Análise Ambiental toma como base a microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas que será utilizada como unidade básica de pesquisa e planejamento uma vez que, por ser delimitada por regiões topograficamente identificadas, os “divisores de águas”, apresenta-se como uma significativa área de estudo em vista da interação entre seus componentes como a atmosfera, a vegetação, o solo e a ocupação antrópica.

O planejamento dos trabalhos será entendido segundo os conceitos das Unidades Ecodinâmicas, propostos por Tricart (1977), onde o ambiente é visto de acordo com a Teoria dos Sistemas, em que seu estado de equilíbrio pode ser rompido pela atuação antrópica, gerando desequilíbrios temporários, ou até permanentes, e os conceitos de Ross (1990) que ampliou os graus das Unidades Ecodinâmicas Instáveis, em uma escala desde muito fraca a muito forte e também das Unidades Ecodinâmicas Estáveis, que mesmo estando em equilíbrio dinâmico apresentam instabilidade potencial qualitativamente previsível através do mapeamento das suas fragilidades. Os estudos das fragilidades dos

ambientes são de extrema importância ao Planejamento Ambiental e a busca do desenvolvimento sustentável.

Sendo assim, esta pesquisa teve como objetivo geral analisar ambientalmente a paisagem física da microbacia do Ribeirão das Marrecas, qualificando e quantificando os elementos com ênfase no uso, ocupação e preservação do solo, visando delimitar áreas com diferentes classes de fragilidade, identificando o potencial deste recurso natural, assim como gerar proposições de formas do seu uso racional.

Os elementos físicos puderam ser descritos, no seu aspecto morfológico, como uma região de relevo movimentado com altitudes variáveis, entrecortado por pequenos cursos d'água, que por sua vez são tributários do maior curso, que é o Ribeirão das Marrecas. Nessa paisagem foi observada a predominância dos Nitossolos Vermelhos Eutroféricos e a atuação de um clima Mesotérmico Úmido (Cfa) com chuvas em todas as estações, mas com pequena estação seca nos meses de inverno. A vegetação nativa restante é composta por elementos de Floresta Estacional Semidecidual, mas que se encontra sob intensa fragmentação decorrente, em primeira instância, da crescente pressão agrícola e secundariamente dos focos de urbanização representados pelos distritos de Irerê, Paiquerê e Maravilha. Os aspectos de uso e ocupação expuseram os processos de desmatamento e atividade agrária, deixando evidente a forte característica agrícola da área estudada. Também, por meio de averiguação *in loco*, foi possível constatar graves problemas decorrentes da ocupação antrópica, como, por exemplo, locais de avançados processos erosivos e pontos de despejo de esgoto doméstico no ribeirão.

Diante do exposto, este trabalho buscou também analisar os elementos de uso e ocupação da microbacia de forma integrada, a partir de análises qualitativas e quantitativas, por meio de processos empíricos (produção de cartas fundamentadas em pesquisas bibliográficas) e processos experimentais (teste e coleta de dados de resistência do solo à penetração e sua capacidade de infiltração).

Para tanto o trabalho foi desenvolvido em quatro etapas:

⇒ Na primeira foram realizadas pesquisas, levantamentos e leituras de materiais bibliográficos sobre temas semelhantes. Nessa etapa, também, foram caracterizados os componentes físicos da microbacia, como localização, solo, relevo, clima, geologia, hidrografia e uso da terra, bem como o referencial teórico sobre a Teoria dos Sistemas, Bacias Hidrográficas e Geoprocessamento;

⇒ A segunda etapa consistiu na elaboração de várias cartas temáticas, a partir da carta base da microbacia, delimitada de uma imagem de satélite sobreposta às cartas topográficas editadas pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, na escala de 1:50.000 e corroboradas por investigações de campo;

⇒ A terceira etapa, em pontos pré-determinados, foram realizadas verificações, no perfil do solo, referente à resistência da penetração da haste de dois tipos diferentes de penetrômetros, assim como ensaios de infiltração, descrições e análises morfológicas e coletas de amostras dos horizontes dos perfis dos solos, para as análises laboratoriais da umidade;

⇒ Na quarta e última etapa procedeu-se a integração e correlação de todos os dados analisados, para a elaboração do produto cartográfico final, a carta de Classes de Fragilidade, que possibilitou a determinação das áreas mais ameaçadas pela degradação ambiental, principalmente os processos erosivos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A TEORIA DOS SISTEMAS

Um sistema pode ser definido como o conjunto dos elementos e das relações entre si e entre os seus atributos. A aplicação da Teoria dos Sistemas aos estudos Geomorfológicos tem servido para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudo dessa ciência (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.1).

Nas primeiras décadas do século XX o biólogo alemão Ludwig Von Bertalanffy criou a Teoria Geral dos Sistemas (TGS). Os estudiosos dessa teoria buscam formular generalizações sobre como as partes e o todo se relacionavam independentemente das disciplinas nas quais são observadas.

Na Teoria Geral dos Sistemas a ênfase é dada à inter-relação e interdependência entre os componentes que formam um sistema que é visto como uma totalidade integrada, sendo impossível estudar seus elementos isoladamente. Sendo assim, um sistema constitui um todo único e dessa forma qualquer mudança em uma das partes afetará todo o conjunto.

As primeiras aplicações da TGS fora do contexto original da Biologia e da Termodinâmica, área onde foi intensamente aplicada por Bertalanffy, aconteceram nos Estados Unidos na recém surgida área da Cibernética. Ainda levaria várias décadas para que tais preceitos se estendessem pelo conjunto das ciências e pela totalidade das ciências naturais (BOULDING apud SALES, 2004).

No estudo da composição dos sistemas, vários aspectos importantes devem ser abordados:

⇒ A matéria, que corresponde ao material que vai ser mobilizado através do sistema. Em um sistema hidrográfico, objeto deste estudo, a matéria é representada pelas águas e pelos detritos. Em um sistema de vertentes, as matérias são a precipitação, a rocha subjacente e a vegetação;

⇒ A energia total, soma da cinética e da potencial, que corresponde às forças que fazem o sistema funcionar;

⇒ E a estrutura, que é constituída pelos elementos e suas relações, expressando-se através do arranjo de seus componentes. O elemento é a unidade básica do sistema. O rio é o elemento do sistema hidrográfico, assim como a vertente é o elemento da bacia de drenagem (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Também tem igual importância a compreensão de algumas características fundamentais dos sistemas:

⇒ Homeostase ou Equilíbrio: processo utilizado pelo sistema para não se desestruturar e manter seu equilíbrio. É essa característica que, estruturada por Tricard e que veremos logo mais, formam as bases do conceito de Unidades Ecodinâmicas;

⇒ Equifinalidade: capacidade de, em um sistema aberto, diferentes condições iniciais produzirem resultados finais semelhantes ou diferentes resultados terem sido causados por condições iniciais semelhantes;

⇒ Hierarquia: significa que sistemas complexos são formados por certo número de subsistemas e isto implica em uma ordem crescente de complexidade;

⇒ Causalidade Linear e Causalidade Circular: o conceito de linearidade vem do paradigma cartesiano, onde um evento X causa o evento Y e assim sucessivamente. No conceito de circularidade, introduzido pela Cibernética, qualquer comportamento é visto como uma série de movimentos e contra movimentos, em uma repetição cíclica (CHURCHMAN, 1972).

Na Geografia Física, a aplicação da visão sistêmica data dos anos 50, inicialmente utilizada em pesquisas de cunho hidrológico e climatológico. Na Geomorfologia ela é introduzida nos anos 60, criando o conceito de Geossistemas (CHORLEY apud SALES, 2004).

Apesar de ter sido formulado pela escola russa, por meio de Victor Borissovitch Sotchava, que propôs o conceito pioneiro num estudo publicado em 1960, a idéia de sistema em Geomorfologia foi difundida no mundo ocidental pela escola francesa, por iniciativa de George Bertrand, na mesma década, em 1968.

Para Sotchava (apud OLIVEIRA, 2003, p.5),

Geossistemas são formações naturais, experimentando, sob certa forma, o impacto dos ambientes social, econômico e tecnogênico [...] Embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais, influenciando sua estrutura e peculiaridades espaciais, são tomados em consideração durante o seu estudo.

Porém, antes de se prosseguir com o conceito de geossistema é

interessante organizar as classificações dos sistemas dentro do âmbito da Geomorfologia. Nesta ciência os sistemas podem ser organizados de acordo com o critério funcional e pela sua complexidade estrutural. É nesta última classificação, a complexidade estrutural, que a ação antrópica se faz significativa para as relações dinâmicas dentro do sistema. Levando em conta, então, o critério funcional, teremos:

⇒ Sistemas Isolados: são aqueles que, dadas as condições iniciais não sofrem mais nenhuma perda nem recebem energia ou matéria do ambiente que os circundam;

⇒ Sistemas Não-Isolados: são aqueles que mantêm relações com os demais sistemas do universo o qual funcionam, podendo ser subdivididos em:

- Fechados: quando há permuta de energia (recebimento e perda), mas não de matéria;

- Abertos: que são aqueles nos quais ocorrem constantes trocas de energia e matéria, tanto recebendo como perdendo. Os sistemas abertos são os mais comuns, podendo ser exemplificados por uma bacia hidrográfica, vertente, homem, cidade, indústria, animal etc.

Levando em conta o critério da complexidade estrutural:

⇒ Sistemas Morfológicos: são os menos complexos das estruturas naturais. Correspondem as formas, sobre as quais se podem escolher diversas variáveis a serem avaliadas (comprimento, declividade, granulometria etc.);

⇒ Sistemas em Seqüência: são compostos por uma cadeia de subsistemas relacionados por uma cascata de matéria ou energia. Nessa seqüência, a saída (*output*) de matéria ou energia de um subsistema torna-se a entrada (*input*) para o subsistema de localização adjacente;

⇒ Sistemas de Processos-Respostas: são formados pela combinação de sistemas morfológicos e sistemas em seqüência. Os sistemas em seqüência indicam o processo, enquanto o morfológico representa a resposta a determinado estímulo. Nesses sistemas a análise mais importante está focalizada na identificação das relações entre o processo e as formas que dele resultam. Conseqüentemente, pode-se estabelecer um equilíbrio entre o processo e a forma, de modo que qualquer alteração no sistema em seqüência será refletida por alteração na estrutura do sistema morfológico, ou seja, na forma, através de reajustamento das variáveis, em vista a alcançar um novo equilíbrio, estabelecendo uma nova forma;

⇒ Sistemas Controlados: são os que apresentam a atuação do homem sobre os sistemas de Processos-Respostas. A complexidade é aumentada pela intervenção humana. Quando se examina a estrutura dos sistemas de processos-respostas, verifica-se que há certas variáveis-chaves sobre as quais o homem pode intervir para produzir modificações na distribuição de matéria e energia dentro dos sistemas em seqüência e, conseqüentemente, influenciar nas formas que com eles estão relacionadas. Por exemplo, modificando a capacidade de infiltração de determinada área o homem pode produzir, consciente ou inadvertidamente modificações consideráveis na densidade de drenagem. É na orientação dessa intervenção humana que reside a finalidade aplicada da ciência geomorfológica (CHRISTOFOLETTI, 1980).

2.1.1 A Paisagem na visão sistêmica

Oliveira (2003) escreve que a proposta de classificação da paisagem do ponto de vista sistêmico foi apresentada na França em 1968 por

Bertrand em seu trabalho denominado *Paysage et Géographie Phisique Globale*. Nele Bertrand afirmava que a paisagem não é a simples adição de elementos geográficos disparatados. Bertrand (2004, p.141) escreve que,

em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução.

Bertrand (2004) classifica a paisagem em seis níveis taxonômicos, chamados de temporo-espaciais, um dos quais o geossistema, que o autor define teoricamente como o resultado da combinação entre um potencial ecológico (geomorfologia, clima, hidrologia), uma exploração biológica (vegetação, solo, fauna) e uma ação antrópica. (Figura 1)

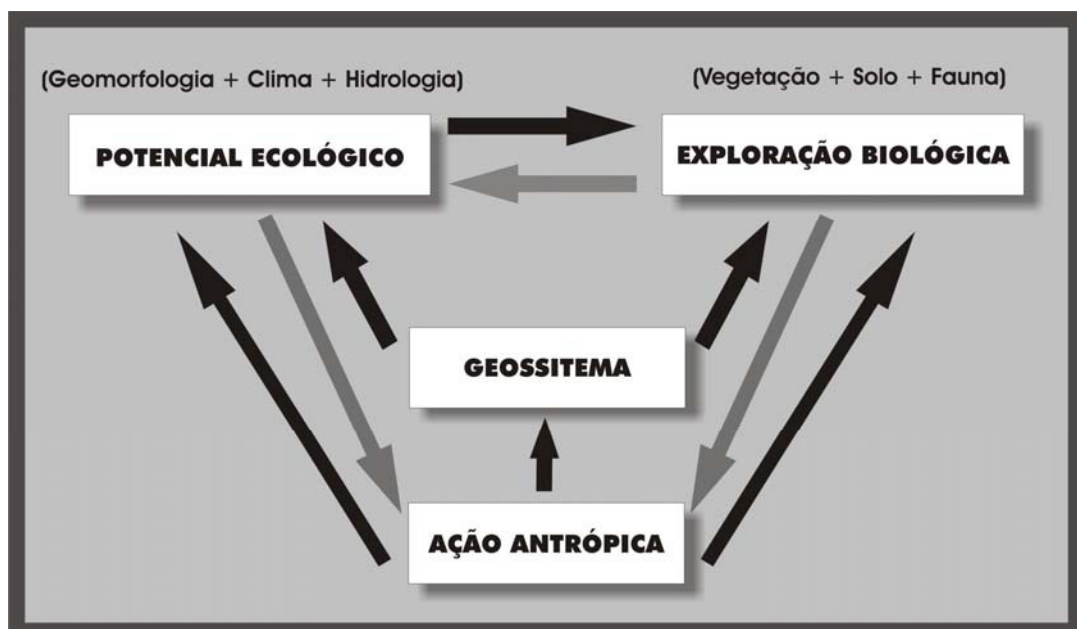


Figura 1 – Esquema teórico do Geossistema, segundo Bertrand (2004).

Os seis níveis estão agrupados em ordem de grandeza de escalas (André Cailleux e Jean Tricart) e são apresentadas em duas unidades: as unidades superiores (Zona, Domínio e Região) e as unidades inferiores (Geossistemas, Geofácies e Geótopo).

⇒ Zona: é um conceito ligado aos conjuntos de 1ª. grandeza, como por exemplo, Zona Temperada. Conforme lembra o autor, a zona se define primeiramente pelo seu clima e seus “biomas” e acessoriamente por certas megaestruturas;

⇒ Domínio: corresponde aos conjuntos de 2ª grandeza, sendo assim mais específica e localizada do que as zonas. O Domínio mediterrâneo é um exemplo deste tipo com suas paisagens vigorosamente individualizadas;

⇒ Região: situada entre a 3ª e 4ª grandeza, a região é uma área bem delimitada, por exemplo, dentro do domínio. Uma região montanhosa super-úmida, ou uma significativa planície alagada dentro de um domínio, seria um bom exemplo deste nível;

⇒ Geossistema: situa-se entre a 4ª e a 5ª grandeza, sendo uma unidade compreendida entre alguns quilômetros quadrados e algumas centenas de quilômetros quadrados. O Geossistema acentua o complexo geográfico e a dinâmica de conjunto. As bacias hidrográficas situadas dentro de uma região são aqui um bom exemplo. É uma paisagem nítida e bem delimitada que se pode, por exemplo, identificar instantaneamente nas fotografias aéreas. A unidade da paisagem é portanto incontestável e o seu tamanho se apresenta ideal para o desenvolvimento das pesquisas;

⇒ Geofácies: são conjuntos de 6ª. grandeza e correspondem a um setor fisionomicamente homogêneo onde se desenvolve uma mesma fase de evolução geral do geossistema. Representa assim uma malha na cadeia das paisagens que

se sucedem no tempo e no espaço, no interior de um mesmo geossistema. Na superfície de um geossistema, os geofácies desenham um mosaico mutante cuja estrutura e dinâmica traduzem fielmente os detalhes ecológicos e as pulsações de ordem biológica. O estudo dos geofácies deve sempre ser colocado nessa perspectiva dinâmica;

⇒ Geótopo: na 7ª. escala de grandeza, apresenta-se na dimensão do metro quadrado ou mesmo do decímetro quadrado. Uma cabeceira de nascente, um fundo de vale são exemplos de Geótopo.

Especificamente sobre as dimensões do geossistema, Bertrand e Bertrand (2007, p.18) expõem que,

é nesta escala que se situa a maior parte dos fenômenos de interferência entre os elementos da paisagem e que evoluem as combinações dialéticas mais interessantes para o geógrafo. Nos níveis superiores a ele só o relevo e o clima importam e, acessoriamente, as grandes massas vegetais. Nos níveis inferiores, os elementos biogeográficos são capazes de mascarar as combinações de conjunto. Enfim, o geossistema constitui uma boa base para os estudos de organização do espaço porque ele é compatível com a escala humana.

É justamente por essa escala de dimensão humana tangível que a aplicação da teoria dos geossistemas aos estudos ambientais tem servido para melhor focalizar as pesquisas e para delinear com maior exatidão o setor de estudo dessa ciência.

Todavia, para todos esses conceitos discutidos até agora as ações antrópicas não estão inseridas internamente nos geossistemas, uma vez que, nos geossistemas, os produtos do sistema sócio-econômico entram como *inputs* (termo utilizado para designar o elemento que dá entrada em um sistema) e

interferem nos processos e fluxos de matéria e energia, repercutindo inclusive nas respostas da estruturação espacial geossistêmica.

Segundo Christofolletti (1999, p.37), “os sistemas ambientais são os responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas sócio-econômicos e deles recebem os seus produtos (edificações, insumos, emissões, dejetos etc.)”.

Para Christofolletti (1980), a organização do conjunto de um geossistema é decorrente das relações entre os elementos, e o grau de organização entre eles confere o estado e a função de um todo. Cada todo está inserido em um conjunto maior - o universo - que, formado por subsistemas, compreende a soma de todos os fenômenos e dinamismos em ação. Assim posto, qualquer conjunto de objetos que tenham propriedades comuns pode ser considerado sistema.

Dentro do conceito de universo, a fim de classificá-los, podemos considerar os primeiros sistemas como sistemas antecedentes e os segundos sistemas como sistemas subseqüentes. Todavia não devemos imaginar que exista uma seqüência linear entre esses. Ainda, segundo o autor, através do mecanismo de retroalimentação, ou *feedback*, os sistemas subseqüentes voltam a exercer influências sobre os antecedentes, numa perfeita interação entre todo o universo.

A influência dos sistemas antecedentes sobre o novo sistema tem conseqüências determinantes no equilíbrio deste. Quando um sistema é abastecido (*input*), por exemplo, com menos energia do que o total da energia dispersada (*output*) chamamos essa ação de *feedback* negativo. Quando entra mais

energia no sistema do que essa é dispersada, chamamos de *feedback* positivo (CHRISTOPHERSON, 2007).

Já Troppmair (1987), na sua obra *Biogeografia e Meio Ambiente*, considera que o geossistema, que é um sistema espacial natural, aberto e homogêneo, caracteriza-se por três feições: pela morfologia, que é a expressão física do arranjo dos elementos e da conseqüente estrutura espacial; pela dinâmica, que é o fluxo de energia e matéria que passa pelo sistema e que varia no espaço e no tempo e pela exploração biológica, da flora, fauna e pelo próprio homem.

[..]. Assim como as plantas e os animais desenvolvem seu ciclo biológico, também o homem exerce suas atividades no geossistema, modificando-o na ocupação, na estrutura, na dinâmica e nas interrelações. (TROPMAIR, 2000, p.5)

Sob esse mesmo prisma Monteiro (apud SPÖRL, 2001, p.12) escreve que,

o Geossistema é um sistema singular, complexo, onde interagem elementos humanos, físicos, químicos e biológicos e onde os elementos sócio-econômicos não constituem um sistema antagônico e oponente, mas sim estão incluídos no funcionamento do próprio sistema.

Monteiro (2000) também trabalha com o modelo de geossistema a partir de unidades de paisagem, onde os elementos naturais que compõe o geossistema são utilizados em um primeiro momento, para a realização da divisão de um espaço geográfico em compartimentos. Por meio dessa compartimentação, o pesquisador consegue organizar o espaço, dependendo do objetivo de sua

pesquisa. Esse autor ressalta que ao compartimentar um espaço em unidades de paisagem, é preciso fazer uma correlação dos dados obtidos com as informações fornecidas do meio natural, no entanto sem também se esquecer da influência dos elementos sociais sobre o ambiente. Para o autor, o geossistema é a integração de vários elementos, portanto parece lógico que os seus limites sejam conduzidos, por exemplo, por uma curva de nível, por uma isoietas ou por uma dada vegetação.

Embora este autor considere que essas variações ou atributos possam sugerir, com maior peso, uma configuração espacial dos elementos do geossistema, desde que esse elemento seja o mais destacado de uma integração, não considera e nem espera que isto seja uma regra. Cabe ao pesquisador, ao adotar esses conceitos, observar e entender quais elementos são mais relevantes em seu espaço de estudo para que seja realizada a compartimentação da paisagem em unidades.

2.1.2 A Noção de equilíbrio em geomorfologia

O conceito de equilíbrio em Geomorfologia, reconhecido desde 1880 pelos trabalhos de Grove Karl Gilbert, significa que materiais, processos e a geometria do modelado, compõem um conjunto auto-regulador, sendo que toda forma é o produto do equilíbrio entre materiais e processos. Contudo tal conceito foi utilizado, por longo tempo de modo restrito aos estudos dos perfis longitudinais dos cursos de água, voltando a receber ampla atenção apenas com a introdução na geomorfologia dos princípios da teoria dos sistemas.

O equilíbrio de um sistema representa o ajustamento das suas variáveis internas às condições externas. Isso significa que as formas e os seus atributos apresentam valores dimensionais de acordo com as influências exercidas pelo ambiente, que controla a qualidade e a quantidade de matéria e a energia que fluem pelo sistema (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Considerando que os sistemas estudados pela Geomorfologia são sistemas abertos, eles tendem a se manterem estabilizados na medida em que as forças atuantes e provindas do meio ambiente possam ser absorvidas pela flexibilidade existente na estrutura do sistema. Contudo, é também Troppmair (1987), que lembra que a paisagem geográfica é um sistema espacial dinâmico de fenômenos naturais e sócio-econômicos e que essa paisagem apesar de existir independente da presença do Homem está sujeita as suas modificações, levando os sistemas naturais invariavelmente ao desequilíbrio.

Seguindo essa linha de pensamento Tricart (1977) definiu que os ambientes, quando estão em equilíbrio dinâmico são estáveis (Unidades Ecodinâmicas Estáveis), e quando, em desequilíbrio são instáveis (Unidades Ecodinâmicas Instáveis), pois o autor entende que no ambiente natural as forças de energia e matéria se processam dentro de uma de relação de equilíbrio dinâmico. Todavia, este equilíbrio, é freqüentemente alterado pelas intervenções do homem nos diversos componentes da natureza, gerando estado de desequilíbrios temporários ou até mesmo permanentes.

[...] Os geossistemas/geofácies se caracterizam por uma funcionalidade nos processos de troca de matéria e energia, típicos de sistemas abertos, por meio do equilíbrio dinâmico, constituindo os chamados ambientes estáveis, mas não estáticos, com máxima

entropia. [...] sob interferências sociais, o equilíbrio é ameaçado, aproximando-se da categoria de ambientes de transição ou mesmo instáveis. (TRICART, 1977, p.97).

Os conceitos de Unidades Ecodinâmicas foram aprimorados por Ross (1990) que inseriu novos critérios para defini-las. Para este autor as Unidades Ecodinâmicas Instáveis foram definidas como sendo aquelas cujas intervenções antrópicas modificaram intensamente os ambientes naturais através dos desmatamentos e práticas de atividades econômicas diversas, enquanto as Unidades Ecodinâmicas Estáveis são as que estão em equilíbrio dinâmico e foram poupadas da ação humana, encontrando-se, portanto, em seu estado natural.

Finalmente para que esses conceitos pudessem ser utilizados como subsídio ao Planejamento Ambiental, Ross (1994) ampliou o uso do conceito, classificando as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente em vários graus, desde Instabilidade Muito Fraca a Muito Forte. Também aplicou o mesmo para as Unidades Ecodinâmicas Estáveis, que apesar de estarem em equilíbrio dinâmico, podem apresentar Instabilidade Potencial qualitativamente previsível. Sendo assim as Unidades Ecodinâmicas Estáveis passaram a ser reconhecidas como Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial, também classificadas em diferentes graus.

Sendo assim, é claro concluir que o Homem ao fazer parte do ambiente natural como um elemento ativo modifica a paisagem. Sua atuação sobre os solos, a vegetação, a hidrologia e os processos subseqüentes, como por exemplo, as formas de erosão, geram transformações no sistema, as quais, podem propiciar o desequilíbrio ou novos arranjos.

A intensidade dessas transformações depende diretamente do nível de interferência aplicado ao sistema pelo homem, e posteriormente, do grau de suscetibilidade do próprio sistema, às mudanças (SPÖRL, 2001).

Qualquer alteração realizada em qualquer componente de um sistema em equilíbrio dinâmico reflete-se de uma forma ou de outra sobre os demais componentes deste sistema, modificando as interações entre energia e matéria e, portanto, o estado de equilíbrio dinâmico do sistema. (SPÖRL, 2001, p 13).

Estas interferências no ambiente natural ocorrem, pois o homem se utiliza do espaço pela ocupação, reordenação e aproveitamento dos recursos naturais sem, muitas vezes, uma preocupação com conservação da natureza, ou seja, sem a devida preocupação com o equilíbrio original.

2.2 OS CONCEITOS DE BACIA HIDROGRÁFICA E SUA IMPORTÂNCIA NA ANÁLISE AMBIENTAL

Os diversos tipos de águas cobrem 3/4 da superfície terrestre, entretanto, a grande maioria dos ecossistemas do planeta e os seres humanos dependem de um único tipo de água que apresenta conteúdo de sólidos totais dissolvidos menores que 1.000mg/l: as águas doces. Estas representam somente 3% do total das águas no planeta, estando 87% dela confinada nas calotas polares e glaciais ou em depósitos subterrâneos profundos ou, ainda, na atmosfera (RUTKOWSK, 2000).

Os volumes de água armazenados no planeta Terra totalizam 1.360.821.100km³, os quais 125.100km³ são lagos e cursos de água doce; 104.300km³ são lagos salinos; 9.048.500km³ estão em lençóis e aquíferos; 29.199.700km³ são geleiras; 12.900km³ estão na atmosfera terrestre e 1.322.330.600km³ constituem os mares e oceanos (RIGHETTO, 1998).

Tais números podem levar a equivocada idéia de que esse recurso é abundante na natureza e que está disponível indefinidamente para atender às necessidades da humanidade. No entanto, é imprescindível compreender que as águas doces superficiais existentes, passíveis de serem utilizadas pelo Homem de forma economicamente viável e sem grandes impactos ao meio ambiente, correspondem a apenas 0,001% do total da água do Planeta.

A importância fundamental da água doce potável, aliada às alterações na sua disponibilidade no tempo e no espaço, é responsável por violentos conflitos entre um número significativo de civilizações, por grandes deslocamentos de pessoas e por diferentes tentativas das sociedades de modificar a paisagem. Todas essas intervenções humanas têm negligenciado a relação entre o elemento água e o sistema natural a que ela pertence. Direta ou indiretamente qualquer grau de negligência tem sempre como consequência impactos no equilíbrio desse geossistema, provocando perturbações, seja na morfologia da superfície terrestre, poluição e contaminação dos mananciais ou a diminuição e até mesmo o esgotamento total do recurso.

Nesse contexto, Rutkowsk (2000, p. 13) critica:

[...] a cultura urbano-industrial, entendendo as águas como recurso inesgotável, gera demandas hídricas de crescimento exponencial, obrigando a uma procura contínua por fontes hídricas, além de promover a urbanificação dos corpos d'água criando novos desenhos hidrográficos interdependentes, que se sobrepõem na mesma paisagem. [...] Qualquer função urbana - residencial, comercial ou industrial - depende prioritariamente da existência da água para atender às suas necessidades, tanto pela utilização direta, como dessedentação, quanto indireta, como a produção de energia hidráulica.

Conclui-se, desse modo, que as águas doces têm também um papel fundamental no processo de desenvolvimento da sociedade urbano-industrial. É nesse cenário, portanto, que os corpos d'água são mapeados e catalogados pelo potencial de uso, visando atender as mais diversas necessidades humanas.

Ainda, de acordo com Rutkowsk (2000, p. 27-28),

a estratégia expansionista de apropriação predatória das águas acarreta um processo de degradação ambiental com perdas quantitativas e qualitativas para a bacia hidrográfica. Cada função urbana demanda um conjunto de intervenções que causa impactos de ordens diversas - de positivo a negativo na bacia hídrica de uma região [...] Reconhecer estes impactos e sua dimensão é mister para a promoção do planejamento das águas doces, enquanto recurso natural estratégico para a sustentabilidade do desenvolvimento.

Beltrame (1994, p. 11) reforça essa idéia expressando que "a degradação desenfreada dos recursos naturais renováveis nos dias de hoje, é um processo que deve ser analisado e contido com eficiência e rapidez".

O enfrentamento dos problemas ambientais decorrentes de intervenções não planejadas, principalmente os relacionados com a água, tem no estudo e na compreensão da dinâmica das bacias hidrográficas, seu ponto principal, pois deve-se compreender que as bacias hidrográficas constituem unidades ambientais nas quais todos os elementos naturais e humanos se relacionam de maneira efetiva e inseparável.

Apesar de não constar nos principais e mais recentes dicionários e vocabulários técnicos nacionais e internacionais editados nas áreas das Ciências Ambientais, o termo microbacia vem sendo cada vez mais utilizado e citado em livros e artigos, principalmente por profissionais envolvidos com projetos de planejamento.

Entretanto, nota-se, ainda, a ausência de uma conceituação e de consenso, não só na sua definição, como também no seu uso. Talvez o fato de sua definição estar intimamente subordinada ao próprio conceito de bacia hidrográfica e de sub-bacias acabe por inibir a construção de um conceito formal

para microbacia hidrográfica e conseqüentemente, sua maior utilização (PIRES; SANTOS; DEL PRETTE, 2002).

Sabe-se que uma bacia hidrográfica, além de poder estar inserida em outras de maior tamanho, pode, ainda, conter um número variado de, outras bacias menores, chamadas sub-bacias, daí o termo microbacias.

As bacias e microbacias são formadas e modeladas pelas interações naturais entre as condições geológicas e climáticas, todavia, em razão das crescentes interferências sócio-econômicas, cada vez mais, as bacias hidrográficas têm sofrido alterações na estrutura física dos canais de escoamento, no aporte de sedimentos, na qualidade e quantidade das águas, na composição da sua biota, no regime hidráulico e no fluxo de matéria e energia dos sistemas.

Guerra e Guerra (1997, p. 76), escreve sobre vários aspectos físicos de uma bacia hidrográfica:

Bacia hidrográfica é o conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes. [...] A noção de bacia hidrográfica obriga naturalmente a existência de cabeceiras ou nascentes, divisores de águas, cursos principais, afluentes, subafluentes etc. [...] Em todas as bacias hidrográficas deve existir uma hierarquização na rede.

Ainda segundo o mesmo autor os conceitos de bacias hidrográficas devem sempre incluir a noção de dinamismo, não apenas pelas interações humanas, mas também pelas modificações que ocorrem naturalmente, como por exemplo, sob o efeito dos agentes erosivos.

As bacias hidrográficas são hoje umas das principais unidades de gerenciamento territorial. O Decreto-Lei n° 94.076, de 5 de março de 1987 (BRASIL, 2007) instituiu o Programa Nacional de Microbacias Hidrográficas - PNMH, sob a supervisão do Ministério da Agricultura, visando promover um adequado aproveitamento agropecuário dessas unidades ecológicas, mediante a adoção de práticas de utilização racional dos recursos naturais renováveis. O PNMH tem como objetivos:

I - Executar ações voltadas para a prática de manejo e conservação dos recursos naturais renováveis, evitando sua degradação e objetivando um aumento sustentado da produção e produtividade agropecuárias, bem como da renda dos produtores rurais;

II - Estimular a participação dos produtores rurais e suas organizações nas atividades de que trata o inciso anterior;

III - Promover a fixação das populações no meio rural e reduzir os fluxos migratórios do campo para cidade;

Faustino (apud BENTES-GAMA, 2007), exemplifica em seu texto sobre manejo de bacias hidrográficas que a classificação dessas áreas ocorre sob várias prerrogativas. De acordo com o sistema e local de drenagem de suas águas as bacias podem ser:

⇒ Arréicas: quando não drenam para um rio ou lago, ou seja, suas águas se perdem por evaporação ou infiltração;

⇒ Criptorréicas: quando sua rede de drenagem superficial não tem um sistema organizado ou aparente e correm como rios subterrâneos;

- ⇒ Endorréicas: quando suas águas drenam para um lago sem chegar ao mar;
- ⇒ Exorréicas: quando suas vertentes conduzem as águas a um sistema maior, como um grande rio ou o mar.

Conforme o mesmo autor as bacias ainda podem ser:

- ⇒ Bacia de captação: quando atua como coletora das águas pluviais;
- ⇒ Bacia de drenagem: quando atua como uma área que está sendo drenada pelos cursos d'água.

Ainda sobre esse mesmo assunto o autor explica que de acordo com o balanço hídrico as bacias hidrográficas podem ser:

- ⇒ Bacia balanceada: quando a oferta e demanda de água são compatíveis;
- ⇒ Bacia deficitária: quando a demanda de água é maior que a oferta;
- ⇒ Bacia com excesso: quando a oferta é maior que a demanda.

De acordo com o grau de concentração da rede de drenagem as mesmas bacias podem ser classificadas como:

- ⇒ Sub-bacia: toda área com drenagem direta ao curso principal da bacia, sendo que várias sub-bacias formam uma bacia ($\text{área} > 100 \text{ Km}^2 < 700 \text{ Km}^2$);
- ⇒ Microbacia: toda área com drenagem direta ao curso principal de uma sub-bacia, sendo que várias microbacias formam uma sub-bacia ($\text{área} < 100 \text{ Km}^2$).

Quanto a sua ocupação territorial e efeitos operacionais, Souza e Fernandes (apud BENTES-GAMA, 2007) classifica as bacias hidrográficas como:

⇒ Bens da União: rios, lagos e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendem a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;

⇒ Bens dos Estados: águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, nesse caso, as decorrentes de obras da União. Subdividida em:

- Bacia hidrográfica estadual: quando a sua rede de drenagem (nascente – foz) está inserida dentro do território do Estado;

- Bacia hidrográfica municipal: quando a sua rede de drenagem (nascente – foz) está inserida dentro do território do município.

Ainda de acordo com os mesmos autores, as bacias também podem ser classificadas segundo sua zona hidrogeodinâmica:

⇒ Zona de recarga: locais de relevo suave com solos profundos e permeáveis. São áreas situadas em topos de morros e chapadas, fundamentais para o abastecimento dos lençóis freáticos;

⇒ Zona de erosão: situada imediatamente abaixo das áreas de recarga, neste local o escoamento superficial tende a predominar sobre o processo de infiltração;

⇒ Zona de sedimentação/várzea: planícies fluviais, que constituem a zona de deposição nas bacias hidrográficas.

Estas classificações podem ser alteradas de acordo com a complexidade, detalhes requeridos, importância, densidade populacional e atividade econômica da bacia hidrográfica.

Segundo a Prefeitura Municipal de Londrina (2007),

a política de desenvolvimento de um município deve levar em conta as bacias hidrográficas como unidades ecológicas e também de gestão, pois os recursos naturais são integrantes do ambiente urbano e, no caso das bacias hidrográficas, abrangem todos os organismos que funcionam em conjunto numa dada área.

Frente ao exposto, fica claro que as bacias hidrográficas integram uma visão conjunta do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas uma vez que, mudanças significativas em qualquer dessas unidades, podem gerar alterações nos fluxos energéticos de saída. Mudanças ocorridas no interior das bacias de drenagem até podem ter causas naturais, entretanto, nos últimos anos, o homem tem participado como um agente acelerador dos processos modificadores e de desequilíbrios dessas paisagens (GUERRA; CUNHA, 2003).

Sendo assim, pelo caráter integrador das dinâmicas ocorridas nas bacias de drenagem essas revelam-se excelentes áreas de estudos para o planejamento.

2.3 A SUSTENTABILIDADE AGRÍCOLA PELA CONSERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS

O processo de modernização da agricultura brasileira, conduzido de perto pelo Estado, a partir de fins da década de 1960, fez-se sob uma clara conciliação de interesses entre o setor agrário (grandes e médios produtores) e o industrial nacional e internacional. Esse pacto político que garantiu uma intensa modernização na estrutura produtiva e social no campo em várias regiões, com uma aproximação sistêmica da agricultura com a indústria, viabilizando, a um só tempo, o setor produtor de máquinas e equipamentos agrícolas e a consolidação de indústrias de processamento (SILVA, 1981).

A questão agrária ganhou uma nova configuração com a modernização da produção agropecuária. Dessa maneira, ocorreram significativas transformações sociais e ambientais do quadro agropecuário brasileiro. A expansão da produção agrícola em grande escala desencadeou uma série de problemas ambientais, como a devastação de ecossistemas e variadas formas de poluição, desde a contaminação dos lençóis freáticos à poluição do solo. O quadro sócio-econômico também sofreu sérias transformações, entre as quais a redução na ocupação de força de trabalho e o despovoamento do meio rural (BERGAMASCO; NORDER, 2003).

A modernização agrícola significou a intensificação dos processos de produção e, conseqüentemente, proporcionou o adensamento da

utilização de insumos químicos e biológicos e da mecanização agrícola. Em meados dos anos de 1990, tornou-se evidente a perda de importância relativa do rural como sinônimo de agrícola, o acirramento das disparidades sociais, a concentração da produção, da terra e da renda (FLEISCHFRESSER, 1988).

Apesar do conceito de sustentabilidade ser hoje mundialmente conhecido e cada vez mais utilizado, não existe um real consenso quanto ao seu significado. O início dessas discussões tiveram suas origens em Estocolmo, 1972, através da Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano. Em 1987, foi publicado o Relatório de Brundtland - Nosso Futuro Comum, no qual ficou definido internacionalmente que “o desenvolvimento sustentável é aquele que é capaz de satisfazer as necessidades das gerações atuais sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”. (GUIMARÃES, 2004, p.55).

Por fim, o uso adjetivo “sustentável”, que vem se generalizando desde a década passada, foi consagrado na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD, em 1992, no Rio de Janeiro, conhecida como ECO-92. E assim, sustentabilidade passou a significar, de modo geral, a preservação do capital ambiental oferecido pela natureza.

Em realidade, os distintos significados para o conceito de sustentabilidade revelam diferentes e muitas vezes conflitantes valores, percepções e visões políticas a respeito de como a agricultura (e até mesma a indústria, o comércio), deveriam se desenvolver e de como os recursos naturais deveriam ser utilizados.

Sendo assim, a noção de sustentabilidade abriga diferentes, por vezes opostas, concepções políticas e propostas de desenvolvimento. Desde aquelas que propõem simples ajustes no presente modelo de desenvolvimento, até aquelas que demandam mudanças mais radicais/estruturais nos padrões de produção e de consumo da sociedade como um todo (EHLERS, 1996).

Sustentabilidade, bem como outros conceitos originários desse (Desenvolvimento Sustentável, Agricultura Sustentável etc.), devem ser vistos como um conceito complexo e dinâmico, fortemente dependentes dos contextos no qual são aplicados.

Desta forma Agricultura Sustentável pode ser definida como uma agricultura ecologicamente equilibrada, economicamente viável, socialmente justa, humana e adaptativa, consistindo assim em processos agrícolas que envolvam atividades biológicas de crescimento e reprodução com intenção de produzir culturas, que não comprometam nossa capacidade futura de praticar agricultura com sucesso.

Altieri (1998) define a sustentabilidade agrícola como sendo: a habilidade de um agroecossistema em manter a produção através do tempo, face a distúrbios ecológicos e pressões sócio-econômicas de longo prazo. Neste contexto, podem-se considerar algumas grandes correntes de pensamento que se estruturam essencialmente a partir da concepção de uma tecnologia agrícola mais sustentável, recebendo denominações como agricultura ecológica, agro ecologia, agricultura biodinâmica, orgânica, regenerativa, permacultura, entre outras.

Essas correntes vão sustentar e subsidiar as críticas que tendem a redefinir os objetivos e as buscas de opções tecnológicas de avaliação, controle e manutenção da qualidade do meio natural, assim como novos sistemas de produção mais comprometidos com a estabilidade dos geossistemas onde estes estão inseridos.

Todavia, como no conceito de sustentabilidade, as diferentes concepções sobre Desenvolvimento Sustentável revelam diferenças de visões políticas e, por vezes, sérios conflitos de interesse entre os grupos e instituições envolvidas nas discussões sobre sustentabilidade.

Esses conflitos, quase sempre alicerçados na crescente necessidade de aumento na produção, imprimem uma poderosa pressão sobre os recursos naturais, contribuindo para o agravamento das questões ecológicas no campo, provocando, segundo Graziano Neto (1985), a destruição do solo, o descontrole de pragas e doenças, a perda da qualidade biológica dos alimentos, a contaminação dos alimentos e do homem, a poluição e a morte da natureza.

Já era assim de se esperar que, diante de uma organização capitalista, a prosperidade de alguns segmentos estaria lado a lado com a miséria de outros, visto que a diferenciação social é peculiar a esse sistema.

Conforme Graziano Neto (1985, p. 77),

se é verdade que há cinqüenta anos, os trabalhadores rurais padeciam de males facilmente sanáveis, hoje morrem de desastres de caminhão ou intoxicados por venenos. Se antes suas casas tinham chão de terra batida, hoje elas são de restos de caixotes de

madeira ou de folhas de zinco, nas favelas urbanas. Se do ponto de vista econômico, o processo de modernização da agricultura foi de fundamental importância, dando um grande impulso à produção agrícola no país, do ponto de vista social e ambiental, não obteve o mesmo êxito. O uso de insumos e equipamentos modernos na agricultura, além de ter agravado a questão ambiental, contribuiu para o aumento do desemprego no campo, com a transferência do trabalhador rural para a zona urbana, acarretando o inchaço das grandes cidades e conseqüente miséria dessa população.

Finalmente, é fato inegável que o aumento populacional continuará gerando uma crescente pressão para o aumento da produção agrícola; seja em países desenvolvidos ou subdesenvolvidos, pelo aumento do consumo de alimentos ou de matérias primas. O processo se intensificará nas terras já utilizadas e novas áreas estarão sendo ocupadas e por isso novas técnicas devem ser buscadas constantemente. O freqüente repensar das metodologias de produção, controle e avaliação é uma necessidade que está sendo construída por muitos trabalhos, que como este, busca contribuir para o desenvolvimento de soluções lógicas e assertivas nas questões do uso da terra e na conservação deste fundamental recurso natural.

2.4 O USO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS NA VERIFICAÇÃO E ANÁLISE DE IMPACTOS AMBIENTAIS

2.4.1 Avaliação de impactos ambientais

A partir da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo, no ano de 1972, quando foi introduzido o conceito de desenvolvimento ecologicamente sustentado e socialmente justo, surgiu a necessidade de reformulação dos processos de planejamento vigentes, com a incorporação de instrumentos que, por um lado, promovessem a diminuição dos impactos das atividades produtivas e, por outro, imprimissem uma perspectiva mais abrangente no planejamento da utilização dos recursos naturais, com vistas a assegurar sua sustentabilidade a médio e longo prazo (AGRA FILHO, 1993).

Em função das diretrizes emanadas pela Assembléia Geral das Nações Unidas, bem como do avanço da mentalidade da humanidade referente aos aspectos ecológicos, foram desenvolvidos, na década de 70, diversos instrumentos e métodos que possibilitaram a avaliação dos impactos ambientais provocados pelas intervenções antrópicas no ambiente natural, os quais visavam a incorporação dos aspectos ambientais nos processos de planejamento de projetos de desenvolvimento, programas e planos governamentais, dentre outros, como um dos requisitos básicos e necessários ao processo de tomada de decisão.

Desse modo, o processo de avaliação dos impactos ambientais tem sido um instrumento preferido pelos órgãos de pesquisa, como também uma alternativa que integra os instrumentos das políticas ambientais.

Desde então, registra-se uma constante preocupação com o desenvolvimento de um conjunto de procedimentos, mecanismos e métodos, seja de natureza institucional ou tecnológico, com a finalidade de aperfeiçoamento de bases estruturais e operacionais, denominado processo de AIA - Avaliação de Impactos Ambientais. A AIA tem origem, como atividade sistematizada e institucionalizada, com o *National Environmental Policy Act* (NEPA), promulgado nos Estados Unidos da América em 1969. Contudo, foi somente a partir da Conferência de Estocolmo que passou a ser gradativamente incorporada pelo processo decisório em outros países (DIAS, 1992).

No que tange aos eventos de alcance mundial, voltados para a discussão dessas questões emergentes, Agra Filho (1993, p.23) esclarece que:

[..] após a divulgação do relatório - “Nosso Futuro Comum” (também conhecido por Relatório Brundtland), em 1987, as Nações Unidas convocaram para junho de 1992, na cidade Rio de Janeiro (Brasil), a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), conhecida como Rio-92. O objetivo dessa Conferência foi discutir conclusões e propostas do Relatório que introduziu o conceito de desenvolvimento sustentável e ainda comemorar os 20 anos da I Conferência, realizada em Estocolmo, em 1972.

É importante destacar que a Rio-92 produziu documentos fundamentais ao conceito de desenvolvimento sustentável, cujas conclusões foram reunidas no documento denominado Agenda 21, onde são apresentados objetivos e metas gerais até o século XXI.

No Brasil, a PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente estabeleceu, em 1981, a necessidade de estudos de impacto ambiental, através da Lei nº 6.938. A Resolução nº. 001/86 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente estabeleceu as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impactos Ambientais como um dos instrumentos da PNMA.

Em 19 de dezembro de 1997, o CONAMA revisa, através da Resolução nº. 237, os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental, de forma a efetivar a utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional de Meio Ambiente (ROHDE, 1991).

A AIA, no Brasil, ao contrário dos países desenvolvidos que a implantaram em resposta a pressões sociais, surgiu em função da exigência de órgãos financiadores internacionais e só posteriormente foi incluída como parte das informações fornecidas (por uma atividade ou empreendimento poluidor) aos sistemas de licenciamento ambiental, sendo, após, finalmente incorporada como instrumento de execução da Política Nacional do Meio Ambiente.

Rohde (1991) ainda esclarece que a Lei Federal nº. 6.938/81, que estabelece a Política Nacional de Meio Ambiente, institui a AIA como um de seus instrumentos, sendo regulamentada pelo Decreto nº. 88.351 (01/06/83), vinculando sua utilização aos sistemas de licenciamento de atividades poluidoras ou modificadoras do meio ambiente a cargo das entidades ambientais dos governos estaduais e, em casos especiais, da Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA).

Segundo Baroud *et al.* (1993, p. 26),

o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) patrocina, em 1978, no Brasil, um projeto para desenvolvimento de metodologias de avaliação de impactos ambientais aplicáveis a países em desenvolvimento, o qual é conduzido na Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente (FEEMA), no Rio de Janeiro. Este foi o embrião que culminou na elaboração da Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a qual institui critérios e diretrizes gerais para uso e implementação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

A adoção da AIA no Brasil se insere em um quadro conceitual e institucional como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente. Posteriormente, por deliberação do CONAMA são estabelecidas as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da AIA. Sua adoção se consolida pela incorporação do dispositivo constitucional (art. 225, §10, IV), na resolução nº. 001/86, que incumbe ao poder público exigir na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade (AGRA FILHO, 1993).

2.4.2 Sistemas de informações geográficas

Entre as metodologias voltadas ao planejamento, a avaliação de impacto e gestão de bacias hidrográficas estão aquelas que empregam o uso de sistema de informação e a análise de fotografias aéreas ou mesmo imagens de satélites para auxiliar na determinação de medidas de manejo e preservação ambiental.

Os Sistemas de Informações Geográficas ou SIGs, como são

comumente identificados, têm sido muito utilizados devido a sua flexibilidade, disponibilidade e capacidade de trabalho, consistindo de sistemas digitais computadorizados que permitem manipular grande número de informações e sobrepor diversos produtos cartográficos espaciais das bacias hidrográficas, por exemplo, tais como mapas geológicos e pedológicos, de declividade e orientação de vertentes, uso e conservação da terra e preservação vegetal etc. Essas várias informações são armazenada digitalmente e apresentada visual ou graficamente, permitindo a comparação e a correlação entre si.

Para Câmara e Medeiros (1998, p.6) o termo Sistema de Informação Geográfica refere-se aos sistemas que efetuam tratamento computacional de dados geográficos (Figura 2). Para os autores,

[..].um SIG armazena a geometria e os atributos dos dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e numa projeção cartográfica qualquer. Os dados tratados em geoprocessamento têm como principal característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados.

Devido à sua ampla gama de aplicações, onde estão incluídos temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano etc. há pelo menos três maneiras principais de se utilizar um SIG: 1^a.) como ferramenta para produção de mapas; 2^a.) como suporte para análise espacial de fenômenos e 3^a.) como um banco de dados geográficos com funções de armazenamento e recuperação da informação espacial.

Estas três visões dos SIGs, são antes de tudo convergentes e não conflitantes (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

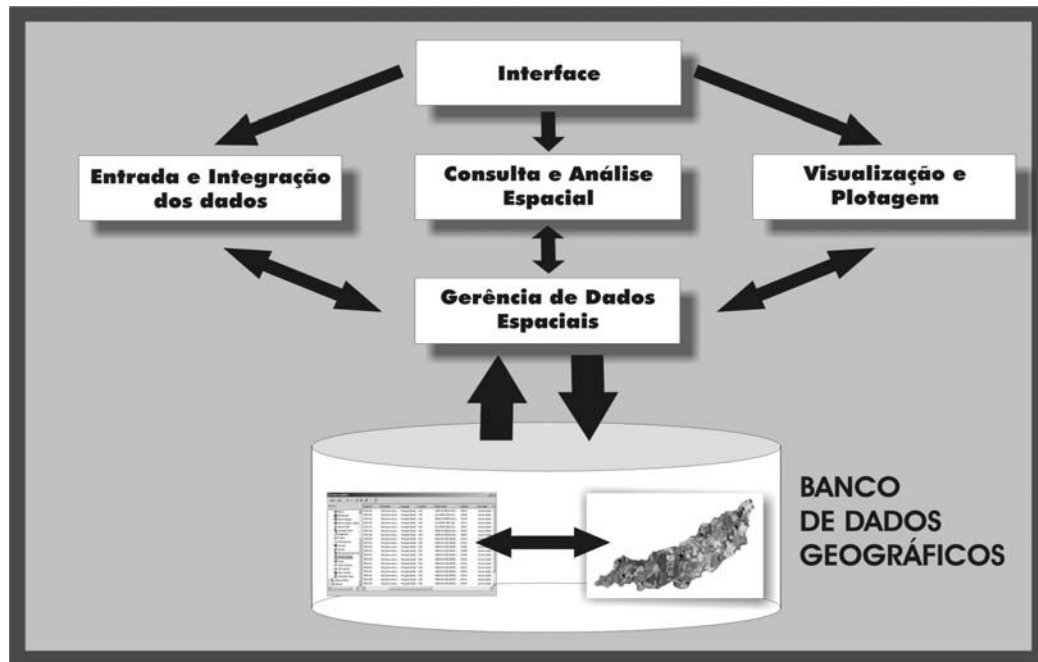


Figura 2 – Componentes de um Sistema de Informação Geográfica.
Fonte: Adaptado de Câmara e Freitas (1995).

Nessa mesma linha Silva (2001) explica que os processos eletrônicos de dados ambientais em SIGs, podem traduzir, em termos operacionais, muitos conceitos sócio-econômicos altamente relevantes, pois esses sistemas são capazes de expressar eficientemente, através de medidas diretas ou de estimativas indiretas, conceitos de expressão territorial tais como: unidades potenciais de uso da terra, zonas de influências, áreas críticas, centros dinâmicos de poder, entre outros. O citado autor lembra também que a crescente disseminação das tecnologias de geoprocessamento tem relação direta na baixa dos custos e, por conseguinte, no aumento substancial da quantidade e qualidade dos dados disponíveis.

Os dados ambientais, que se tornam cada dia mais numerosos, têm uma localização geográfica e por isso podem ser geocodificados. Esses dados que provém, sobretudo de investigações diretas (medições) ou indiretas (interpretações), impõe o uso do processamento de dados no seu tratamento.

Assim sendo, a utilização dos SIGs para o gerenciamento ambiental de bacias hidrográficas envolve então a elaboração e manutenção do banco de dados geocodificados, de onde são inseridas e retiradas as diversas informações estatísticas sobre características da unidade de estudo.

Esse banco de dados auxilia a elaboração de modelos para entendimento da paisagem sob o ponto de vista ambiental e na previsão dos riscos associados à qualidade dos componentes da bacia: (água, solos, ar, biodiversidade). Também se presta ao mapeamento dos fluxos de energia dentro do conceito de geossistema; à organização dos diversos materiais/informação; na determinação das áreas fonte e de recepção de poluentes; na determinação de pontos de acumulação de ações/substâncias antropogênicas; e na análise das respostas às mudanças na estrutura ambiental da bacia estudada (SILVA, 2001).

O uso de métodos associados aos SIGs oferece ainda a possibilidade de executar modelagem para prever padrões espaciais de processos ecológicos, com relação a possíveis cenários decorrentes do tipo de ocupação e uso dos recursos naturais, possibilitando assim auxiliar os tomadores de decisão na definição, por exemplo, de diretrizes a respeito do melhor uso das terras em uma bacia hidrográfica.

Para grande parte dos trabalhos de gabinete e conseqüente análise de dados para confecção das cartas necessárias a esta dissertação foram utilizados dois SIGs semelhantes, mas com funções distintas: o SPRING versão 4.3.3 e o ArcGIS 9.2.

2.4.2.1 O spring

O produto SPRING - Sistema para Processamento de Informações Georeferenciadas - é um banco de dados geográfico nacional de 2ª geração (Figura 3), desenvolvido pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para ambientes UNIX e Windows com as seguintes características:

- ⇒ Opera como um banco de dados geográfico sem fronteiras e suporta grande volume de dados sem limitações de escala, projeção e fuso;
- ⇒ Administra tanto dados vetoriais como dados matriciais (“raster”);
- ⇒ Provem um ambiente de trabalho “amigável”, isto é, de fácil utilização, através da combinação de menus e janelas com uma linguagem espacial programável pelo usuário (LEGAL - Linguagem Espaço-Geográfica baseada em Álgebra);



Figura 3 – Evolução da tecnologia dos SIGs.
Fonte: Adaptado de Câmara e Freitas (1995).

Para alcançar estes desempenhos, o SPRING é baseado num modelo de dados orientado a objetos, do qual são derivadas sua interface de menus e a linguagem espacial LEGAL (SPRING,1996).

Sobre a evolução do SPRING como um SIG, Câmara e Freitas (1995, p.3) explicam em seu artigo sobre as perspectivas em Sistemas de Informações Geográficas que,

sistemas de segunda geração como o SPRING foram pensados para dar suporte a ambientes clientes/servidor, mantendo a continuidade de informações entre mapas contíguos. Tais sistemas operam normalmente em conjunto com um gerenciador de bancos de dados relacional, que armazena as informações descritivas sobre os objetos geográficos.

O SPRING apresenta ainda linguagens de consulta, manipulação e representação de objetos espaciais de grande poder expressivo, pois para as aplicações em meio-ambiente e cadastro, é imprescindível dispor de funções para o processamento de imagens geradas por satélite, realizando a integração entre imagens e os dados temáticos (CÂMARA; FREITAS,1995).

Outra característica, considerada extremamente importante do SPRING é que a base de dados é única, isto é, a estrutura de dados é a mesma quando o usuário trabalha em um micro computador e em uma máquina RISC - *Reduced Instruction Set Computer* (Estações de Trabalho UNIX), não havendo necessidade alguma de conversão de dados (CAMARA; AGUIAR, 1996).

Além do programa principal, o software do INPE ainda conta com outros dois módulos; o IMPIMA e o SCARTA, com o objetivo de facilitar seu uso, compartimentando as tarefas de acordo com a etapa do trabalho.

O módulo IMPIMA é um software de trabalho inicial, ou seja, de pré-processamento. Na realidade esse módulo é utilizado somente para se obter uma imagem final no formato GRIB (*Gridded Binary*), através da leitura de imagens de diversos formatos. As imagens podem ser lidas de um CDROM ou do próprio sistema de arquivos do computador. Após a abertura dos arquivos de diversos formatos, o módulo IMPIMA converte esses arquivos para o formato GRIB, que é o formato necessário para os trabalhos no SPRING.

O módulo SCART por sua vez é um software de finalização, pois apresenta funções para que um mapa gerado no módulo principal SPRING possa ser apresentado na forma final de um documento cartográfico. Estão disponíveis opções para editar uma carta e gerar um arquivo para impressão. O usuário tem a opção de editar textos, símbolos, legendas, linhas, quadros e grades em coordenadas planas ou geográficas. Permite ainda a exibição de mapas em várias escalas, no formato varredura ou vetor (INPE, 2002).

2.4.2.2 O ARCGIS

ArcGIS é um SIG fornecido pela ESRI, uma empresa privada norte americana, com sede em Redlands, Califórnia. O ArcGIS é a principal ferramenta de representação e análise geoespacial em uso na atualidade. Sua principal qualidade esta na variada gama de funções que podem ser acrescentadas ao

engenharia básica de acordo com os requisitos técnicos de sua aplicação, através de extensões pagas e gratuitas, ou de programações do próprio usuário.

Dentro da arquitetura deste software os usuários podem ter acesso a vários subprodutos, chamados de clientes: o ArcView, o ArcEditor e o ArcInfo. E outros chamados de servidores: ArcSDE e o ArcIMS. O ArcGIS é distribuído nas três versões clientes: ArcView, ArcEditor e o ArcInfo. As três são construídas sobre o mesmo núcleo de programação.

O ArcView em sua mais nova versão, 9.2, serve com SIG para criação, visualização, consulta e análise de representações cartográficas, operando sob o sistema Windows NT/2000/XP. Oferece um instrumental interativo para exploração, seleção, apresentação, edição, análise, simbolização e classificação de dados geoespaciais, assim como para criação, manutenção e gestão de dados geoespaciais. O ArcView 9.2 é composto pelo ArcCatalog, ArcMap e o ArcToolbox (GEOMÁTICA, 2008).

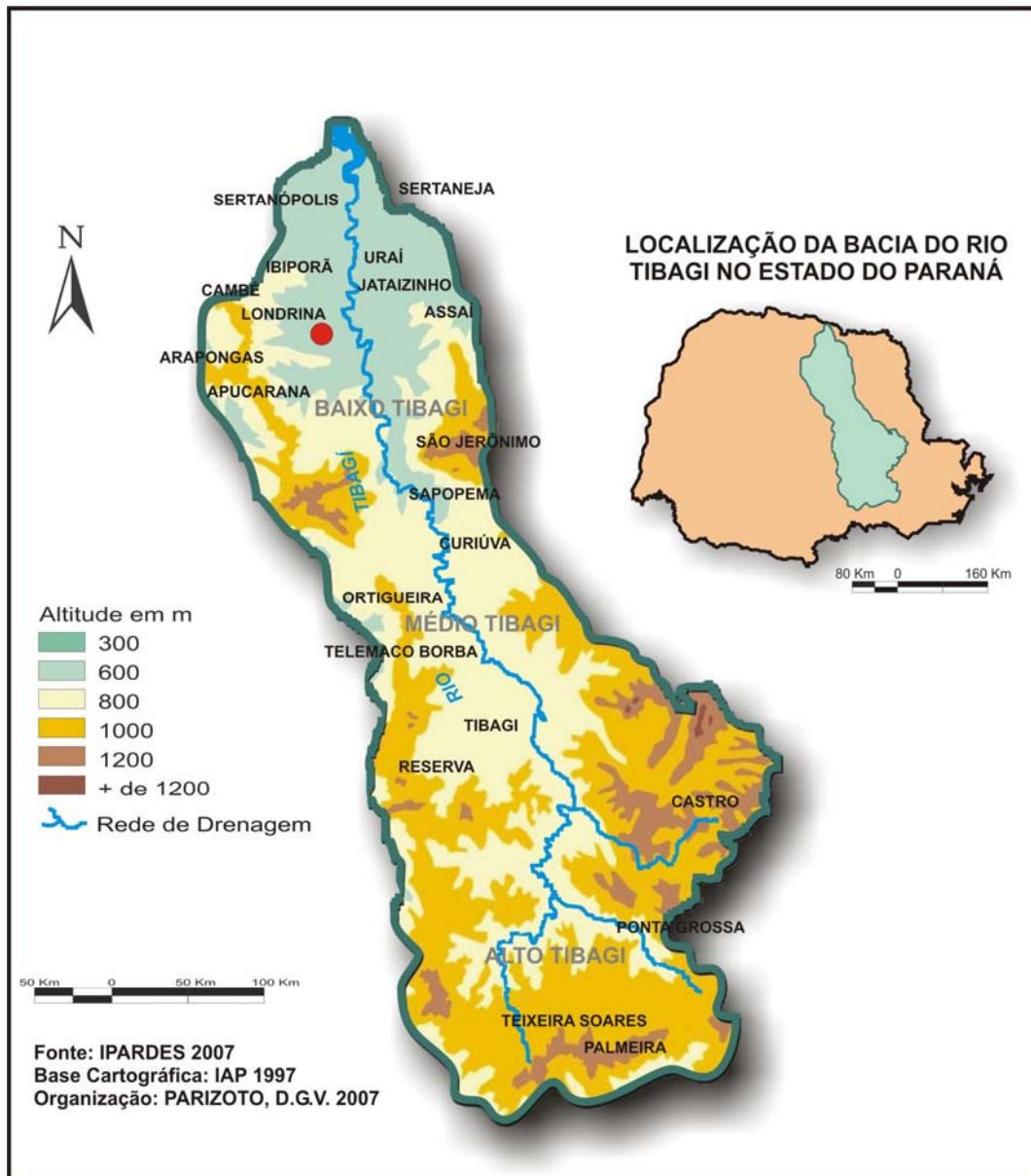
3 CARACTERIZAÇÃO GEOGRÁFICA

3.1 LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA BACIA DO RIO TIBAGI E DA MICROBACIA DO RIBEIRÃO DAS MARRECAS.

A microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas, no Município de Londrina, Estado do Paraná, objeto de estudo deste trabalho, faz parte da bacia hidrográfica do Rio Tibagi, que por sua vez faz parte da bacia hidrográfica do Rio Paranapanema, que integra a grande bacia do Paraná-Paraguai, que deságua no oceano Atlântico.

A bacia hidrográfica do Rio Tibagi, ocupa uma área de aproximadamente 24.712 km² posicionada na porção Leste do Estado do Paraná, no sentido Sul-Norte (MEDRI et al., 2002), distribuídos em 44 municípios, entre as coordenadas geográficas 22°42'23" e 25°30'29" de latitude Sul e 49°49'55" e 51°25'23" de longitude Oeste.

O rio Tibagi nasce próximo ao Município de Palmeira, ao Sul do Estado do Paraná, percorrendo as três zonas do relevo paranaense, passando pelo Primeiro Planalto, Segundo Planalto e Terceiro Planalto, sendo que o seu curso inferior, onde se localiza a microbacia do Ribeirão das Marrecas, está no Terceiro Planalto, quando este ultrapassa a Serra da Esperança e deságua no Rio Paranapanema, (divisa dos Estados de São Paulo e Paraná) entre os Municípios de Primeiro de Maio e Sertaneja (STIPP, 2000c). (Mapa 1)



Mapa 1 – Localização e hipsometria da bacia hidrográfica do Rio Tibagi.

A microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas, com uma área de aproximadamente 72,42 km² está localizada a Sudeste do Município de Londrina, mais precisamente a 24,45 km de sua sede, entre as coordenadas geográficas 23° 31' 41" e 23° 26' 22" de latitude Sul e 51° 09' 32" e 50° 57' 52" de longitude Oeste.

Com sua área inteiramente dentro dos limites do Município de Londrina, a bacia drena ainda as águas de três aglomerações urbanas: os Distritos de Irerê, Paiquerê e Maravilha (CAMPOS; MACHADO; STIPP, 2005). (Mapa 2)



Mapa 2 – Rede hidrográfica do Rio Tibagi, com destaque para a rede da microbacia do Ribeirão das Marrecas.

O Ribeirão das Marrecas tem sua nascente na zona rural, no Distrito de Irerê (Foto 1), dentro da fazenda Vista Alegre (Foto 2), no ponto marcado por GPS (*Global Positioning System*), da marca Garmin, modelo e-Trex Vista Cx como 23° 31' 09.9" de latitude Sul e 51° 09' e 04" de longitude Oeste (Figura 4 e 5 e Foto 3). Já sua foz esta localizada na fazenda dos Manoel Garcia, no Distrito de Maravilha, no ponto marcado como, 23° 26' 54.6" de latitude Sul e 50° 57' e 56.2" de longitude Oeste (Foto 4), onde ocorre sua confluência com a bacia principal, a bacia hidrográfica do Rio Tibagi.



Foto 1 – Aspecto urbano do Distrito de Irerê, Município de Londrina, PR.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 2 – Área de benfeitorias da fazenda Boa Vista, próxima a nascente.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2006).



Figura 4 – Imagem de satélite a 5.000 m de altitude, mostrando a área do Distrito de Irerê e a área da nascente.
Fonte: Google Earth (2006).



Figura 5 – Imagem de satélite a 1000 m de altitude, mostrando a área da nascente.
Fonte: Google Earth (2006).



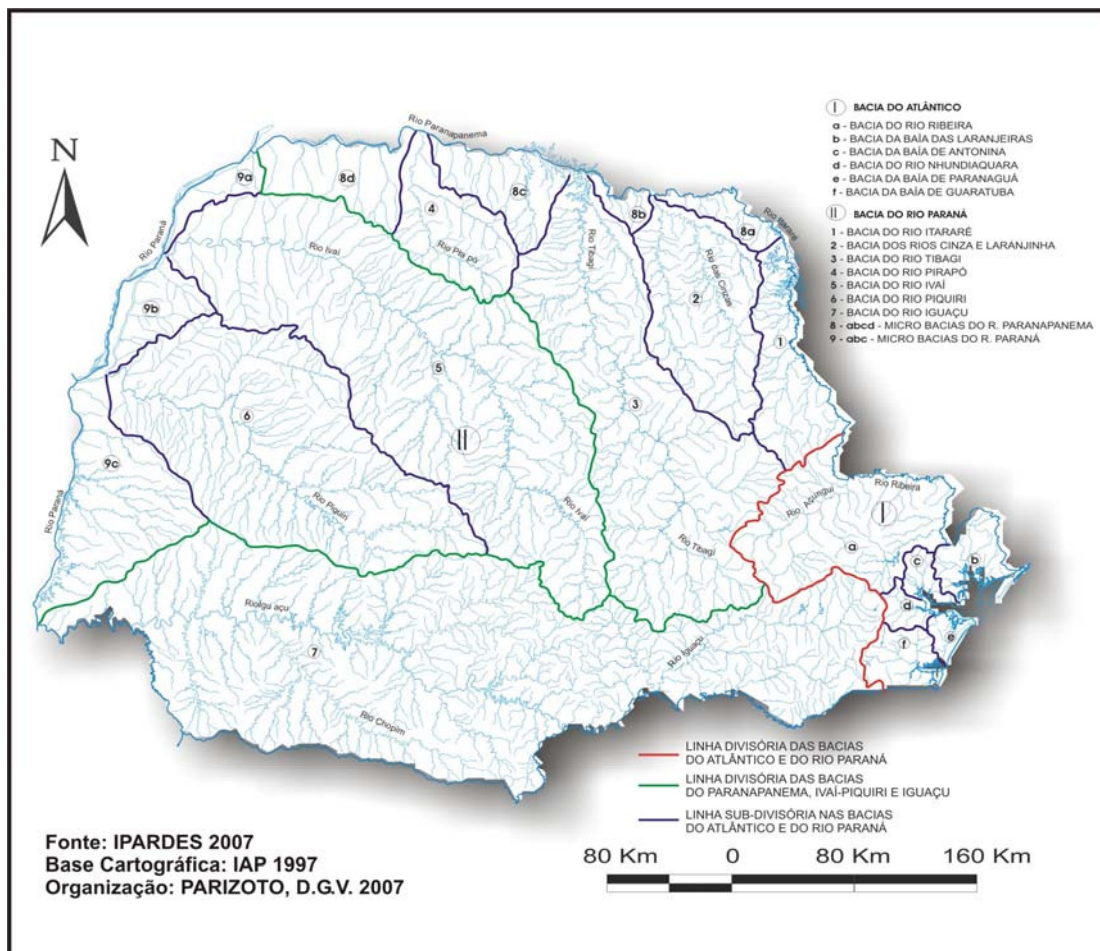
Foto 3 – Área da nascente de Ribeirão das Marrecas.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2006).



Foto 4 – Área da foz, onde o Marrecas encontra-se com o Rio Tibagi.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DAS REDES HIDROGRÁFICAS

A topografia Estado do Paraná determina a existência de duas grandes redes de drenagem: a bacia do Atlântico e a bacia do Paraná. Essa área hidrográfica é avaliada em 198.829 km², dos quais 184.155 km² pertencem a bacia do Paraná e 14.674 km² restantes, pertencem a do Atlântico (CAMARGO, 1998). No Norte do Estado, fazendo divisa com o Estado de São Paulo por 392 km, se encontra a bacia do Rio Paranapanema. Este rio, de grande importância para o aproveitamento hidrelétrico, tem no Rio Tibagi seu principal afluente em terras paranaenses (WONS, 1982). (Mapa 3)



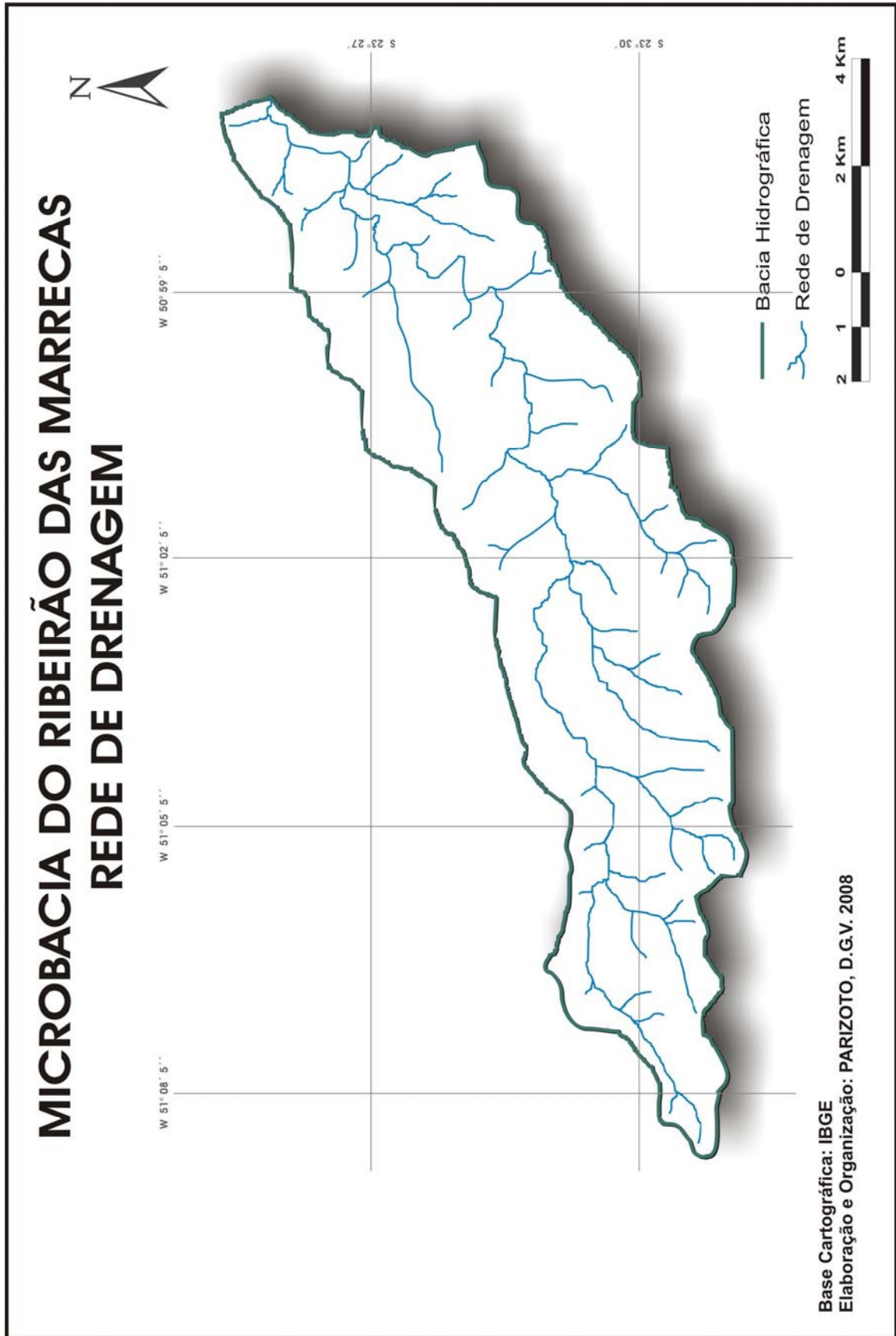
Mapa 3 – Rede hidrográfica do Estado do Paraná.

O Rio Tibagi com 531 km, limita-se ao Norte, onde deságua com a bacia do Rio Paranapanema; a Leste com as bacias dos Rios Cinzas e Itararé; a Sudeste com a bacia do Rio Ribeira; ao Sul com a do Rio Iguaçu; a Oeste com a bacia do Rio Ivaí; e, a Noroeste com a bacia do Rio Pirapó. Esta área apresenta uma excelente área de drenagem. Uma característica marcante deste rio são seus vários saltos e cachoeiras, 91 ao todo, evidenciando o seu perfil planáltico (MEDRI et al., 2002).

Do grande número de afluentes do Rio Tibagi, o Ribeirão das Marrecas encontra-se localizado no seu baixo curso, inteiramente dentro do município de Londrina, PR.

A microbacia do Ribeirão das Marrecas é formada por aproximadamente 18 afluentes perenes na margem esquerda e 33 afluentes perenes na margem direita, totalizando 51 canais fluviais de afluentes, somados ao canal principal (CAMPOS, 2006).

O leito do Ribeirão das Marrecas tem aproximadamente 28 km de extensão. Sua nascente está a uma altitude de 610m e sua foz, no Rio Tibagi está a uma altitude de 385 m. (Mapa 4)



Mapa 4 – Carta da rede de drenagem.

3.3 RELEVO REGIONAL E LOCAL DA ÁREA EM ESTUDO

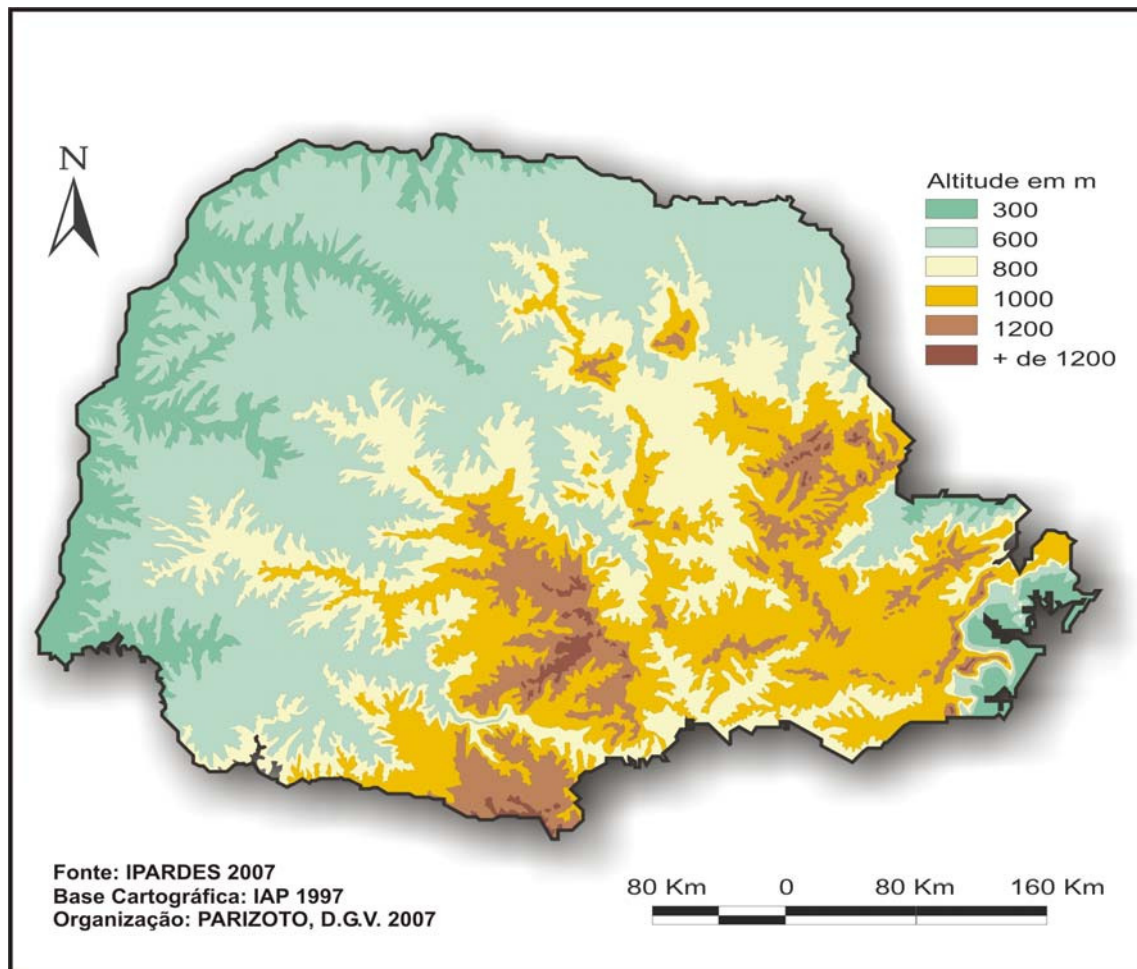
Em topografia o relevo é sempre definido como a diferença de cota existente entre um ponto e outro, porém na geologia e morfologia é um termo descritivo sujeito a explicação e interpretação. Usa-se a expressão “relevo” como sinônimo de diferentes tipos de paisagens (GUERRA; GUERRA, 1997).

Guerra e Guerra (1997) descreve ainda que o relevo é o resultado da atuação de dois grupos de forças que podem ser sucessivas ou simultâneas: endógenas (dobras, falhas, tectonismos, vulcões, terremotos) e exógenas (desgastes e acumulação).

Wons (1982) mostra que o Estado do Paraná, em sua maior parte, forma-se de um vasto planalto suavemente inclinado em direção Noroeste, Oeste e Sudoeste. (Mapa 5) Suas altitudes apresentam-se distribuídas dentro das seguintes cotas hipsométricas: (Quadro 1)

COTA HIPSOMÉTRICAS	ÁREA TOTAL
Até 100m	2 255 km ²
De 101 até 200m	2 022 km ²
De 201 a 300m	15 272 km ²
De 301 a 600m	74 871 km ²
De 601 a 900m	81 268 km ²
De 901 a 1500m	24 152 km ²
Mais de 1500m	430 km ²

Quadro 1 – Cotas hipsométricas e respectivas áreas do Estado do Paraná.
Fonte: Wons (1982).



Mapa 5 – Hipsometria do Estado do Paraná.

A modelagem atual da superfície do Estado do Paraná foi processada pelos sistemas hidrográficos, movimentos epirogênicos e tectônicos, assim como pela influência das alterações do clima.

Os sistemas hidrográficos e as linhas orográficas principais limitam as cinco paisagens naturais do Estado: o Litoral, a Serra do Mar, o Primeiro Planalto ou Planalto de Curitiba, o Segundo Planalto ou Planalto de Ponta Grossa e o Terceiro Planalto ou Planalto de *Trapp* do Paraná.

O interior do Paraná, onde se localiza os três planaltos, se apresenta como típica paisagem de degraus estruturais ou escarpas de estratos.

Essa parte do Estado é então constituída por esses três planaltos que também se inclinam suavemente para O, NO e SO (MAACK, 2002).

O Primeiro Planalto estende-se desde o alto das cristas da Serra do Mar para o ocidente, até a porção oriental da Serra Geral, abrangendo uma área de 17.456km². Este planalto pode ser subdividido em 3 subzonas: ao Sul, o Planalto de Curitiba; ao Norte, a Zona Montanhosa do Açungui e a Noroeste, o Planalto do Maracanã.

O Segundo Planalto fica situado entre as escarpas do arenito basáltico, denominada da Serra da Esperança e a escarpa devoniana, denominada Serrinha, possuindo uma área de aproximadamente 35.082km². Este planalto aparece constituído por relevos tabulares, relevo de *cuestas* e plataformas estruturais mais dissecadas, formados por sedimentos antigos (paleozóicos).

O Terceiro Planalto estende-se da Serra da Esperança e vai até a margem esquerda do Rio Paraná, ocupando uma área de aproximadamente 140.884km², que corresponde a 2/3 da área do Estado. É uma área esculpida em rochas eruptivas basálticas, tendo sido a Noroeste capeada com os sedimentos mesozóicos denominados de arenitos Caioá. Apresenta-se ainda inclinando-se de Leste para Oeste, com cota de altitude de 1.250m na região da Serra da Esperança e 300m no vale do rio Paraná. O seu relevo dominante é a de uma série de patamares em decorrência dos derrames basálticos, da erosão diferencial e do desnível de blocos falhados. Essa área ainda pode ser subdividida em outras cinco regiões geográficas naturais: o Planalto de Arapongas, o Planalto de Apucarana, o Planalto de Campo Mourão, o Planalto de Guarapuava e o Planalto de Palmas

(CAMARGO, 1998). O Terceiro Planalto, onde está localizado a microbacia do Ribeirão das Marrecas, representa o plano de declive que forma a encosta da Serra Geral do Paraná, sendo denominada serra da Boa Esperança, ou escarpa Mesozóica. Esta escarpa é constituída por estratos de arenito São Bento Inferior ou Botucatu, com espessos derrames de lavas muito compactadas do *Trapp* do Paraná, que na testa da escarpa apenas evidenciam espessuras de 50 a 200m, atingindo, entretanto, mais para Oeste, 1100 a 1750m (MAACK, 2002).

3.4 ASPECTOS PEDOLÓGICOS E GEOLÓGICOS

O solo é a camada superficial de terra arável possuidora de vida microbiana. Algumas vezes o solo é espesso, outras vezes, pode ser reduzido a uma delicada película ou mesmo deixar de existir. O solo é o único ambiente onde se encontram reunidos, em associação íntima, os quatro elementos: o domínio das rochas (litosfera); o domínio das águas (hidrosfera); o domínio do ar (atmosfera); e o domínio da vida (biosfera) (GUERRA; GUERRA, 1997).

Ainda segundo Guerra e Guerra (1997), os pedólogos adotam várias denominações para diferentes tipos de solo, segundo sua gênese. Solo geológico ou solo físico corresponde ao que denominamos, em geomorfologia, de “rocha decomposta”, enquanto que solo biológico corresponde ao que denominamos solo ou “solo propriamente dito”.

Segundo o processo genético, os solos podem ser: solos autóctones, isto é, formados unicamente de elementos provenientes da rocha-máter e solos alóctones, os que receberam elementos “exógenos”.

Os “minerais-residuais” que aparecem nos solos autóctones devem ser considerados como provenientes da rocha-máter e de evolução irreversível.

Já a atuação de alguns fatores exteriores em solos classificados como do tipo alóctones, conseguem eliminar, em certos casos, quase completamente os elementos que haviam sido tomados da rocha-máter.

As atuações antrópicas, como fator externo, têm produzido alterações significativas nas áreas em que o solo é destinado a ocupação e utilização exploratória extrativa e agrícola.

Segundo Ranzani (apud STIPP, 2000c, p. 61),

a extensão da intensidade e grandeza das transformações que se operam no solo dependem da particular combinação em que os fatores de gênese se encontram. O uso da terra pelo homem normalmente se caracteriza pela introdução de uma profunda alteração nas relações guardadas pelos fatores de formação do solo, são representadas por desequilíbrio entre as relações que o solo guarda com o ambiente onde se desenvolveu e se encontra.

O solo do Estado do Paraná, devido principalmente aos tipos climáticos, predominantemente tem sua gênese ligada aos processos de intemperismo. Apresenta uma economia voltada para agricultura em função da boa fertilidade natural da maioria de seus solos. É uma região privilegiada na questão das possibilidades de exploração, uso, ocupação e de produção de seus solos (STIPP, 2000c).

De acordo com Maack (apud STIPP, 2000b), na área onde se assenta a bacia hidrográfica do Rio Tibagi aparecem as unidades litoestratigráficas Grupo Açungui (do Pré-Cambriano Superior); Grupo Itararé-Tubarão (do

Carbonífero); Grupo Passa Dois (do Permiano); e Grupo São Bento (do Jurássico-Cretáceo).

Maack (apud STIPP, 2000a), atualizado com EMBRAPA (2006) descreve que na área da bacia hidrográfica do Rio Tibagi há uma variedade de tipos de solos e associações, de acordo com as três regiões fisiográficas que ali predominam:

⇒ Na área do Primeiro Planalto predominam Neossolos, Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelo Álico;

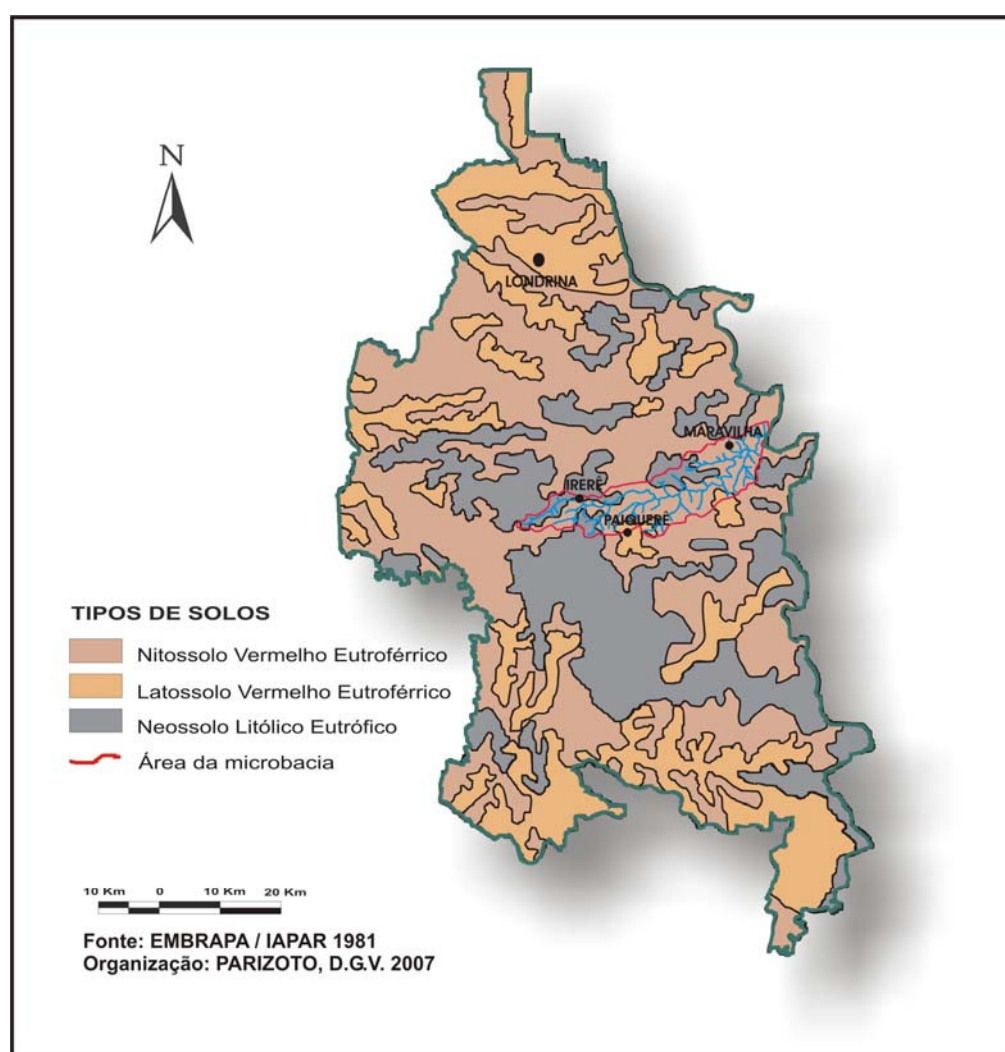
⇒ Na área do Segundo Planalto predominam Cambissolos que aparecem em associação com os solos Neossolos, com Argissolos e com Latossolos;

⇒ Na área do Terceiro Planalto predominam Latossolos Roxos e Nitossolos; é nesta área que os solos são mais desenvolvidos, mais profundos e de mais alta fertilidade.

Na microbacia do Ribeirão das Marrecas, aparecem os Nitossolos Vermelhos Eutroféricos, os Neossolos Litólicos Eutróficos e os Latossolos Vermelhos Eutroféricos (CAMPOS, 2006). (Mapa 6)

Os Nitossolos Vermelhos Eutroféricos são solos bem desenvolvidos, oriundos de rochas eruptivas básicas: diabásio e meláfiro de composição com altos teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 15\%$. Apresentam maior concentração de argila no horizonte superficial. São bem estruturados e de porosidade irregular. Possui um horizonte B textural, com espessura de mais ou menos 2m, de cor

vermelha-arroxeadada. Possuem textura muito argilosa (60% ou mais de argila na maior parte dos horizontes). Apresenta cerosidade, grande saturação de bases e é bem drenado. Possuem alta fertilidade natural isto é, com potencial de produtividade que podem durar muitos anos. Estes solos apresentam menor resistência à erosão em virtude de um horizonte superficial de acumulação de argila e da situação topográfica em que se localizam.



Mapa 6 – Tipos de solos do Município de Londrina, PR.

Já os Neossolos Litólicos Eutróficos aparecem em todo o Estado do Paraná, tanto em regiões de relevo suave ondulado e escarpado como em relevo fortemente ondulado e montanhoso. A esse grupo pertencem solos jovens, rasos de espessura normalmente inferior a 40 cm. Possuem horizonte A diretamente sobre a rocha consolidada (R) ou um horizonte C pouco espesso entre horizonte A e R.

O potencial agrícola destes solos varia muito dependendo das condições ambientais, especialmente da natureza do substrato rochoso e do regime hídrico. São intensamente erodidos após a retirada da mata nativa portanto seu uso é quase que inviável para a agricultura (STIPP, 2000a; EMBRAPA 2006).

Contudo, Campos (2006) observou que na área da microbacia do Ribeirão das Marrecas, esses solos quando têm como matriz as rochas eruptivas básicas, possuem alta fertilidade e podem ser utilizados para o manuseio agrícola, desde que se respeite sua capacidade de uso.

Por último, os Latossolos Vermelhos Eutroféricos são solos que possuem uma profundidade que vai além de 3m, de coloração vermelha escura que pode ficar roxa segundo a incidência solar. Possui teor de argila superior a 60%, portanto com textura muito argilosa, consistência muito friável, porosos e acentuadamente drenados. Também se originam das rochas eruptivas básicas e se diferenciam dos outros Latossolos pela cor vermelha-arroxeadada devido à sua composição com altos teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 18\%$ (STIPP, 2000a; EMBRAPA 2006).

3.5 ELEMENTOS CLIMÁTICOS E AS CARACTERÍSTICAS REGIONAIS

O Brasil apresenta uma considerável tipologia climática, decorrente diretamente da sua extensão e da conjunção entre os elementos atmosféricos e os fatores geográficos. Entre os principais fatores estão a configuração e extensão espacial, dinâmica das massas de ar, a maritimidade/continentalidade e o relevo com suas modestas altitudes (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O clima tem importância fundamental na formação do solo e é por isso, um dos principais elementos a ser considerado para o estudo das suas características. Os processos intempéricos, conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que ocasionam a desintegração e decomposição das rochas estão diretamente relacionados com as questões climáticas, sendo assim, um dos determinantes fundamentais na produção dos diferentes tipos de solos com diferentes propriedades e fragilidades, ou seja, diferentes capacidades de resistência à erosão (GUERRA; GUERRA, 1997).

Sabe-se que para cada 10°C de aumento de temperatura, dobra a velocidade das reações químicas. Sabe-se também que a água, com o gás carbônico nela dissolvido, é a responsável pela maior parte das reações químicas que produzem o intemperismo das rochas. Sendo assim quanto mais quente e úmido for o clima, mais rápida e intensa será a decomposição das rochas e mais profundo será o perfil do solo (LEPSCH, 2002).

Ainda segundo Lepsch (2002, p. 57),

o fator clima deve ser posto em evidência sobre todos os outros, pois um material derivado de uma mesma rocha poderá formar solos completamente diversos se decomposto em climas diferentes. Por outro lado, materiais diferentes podem formar solos idênticos quando sujeitos, por um período suficientemente longo, ao mesmo ambiente climático. Os elementos principais do clima – temperatura e umidade – regulam a velocidade e o tipo de intemperismo das rochas e também o crescimento dos organismos.

O Estado do Paraná está sob a influência principal de dois elementos climáticos: a latitude (como zona matemática de irradiação solar) e as altitudes (que contribuem como amenizantes da temperatura). Sendo assim, no Estado, quatro fatores podem ser identificados com distinção:

⇒ As massas de ar da Zona Atlântica Equatorial e Tropical originam-se no centro das altas pressões subtropicais do Atlântico e possui, portanto, característica de temperatura e umidade elevadas. Por meio de correntes de Leste e de Nordeste, no verão (de outubro a março), quando atraída pelas relativas baixas pressões que se formam sobre o continente, trazem bastante umidade e calor, orientando-se para o Sul;

⇒ No semestre de abril a setembro, a orientação dos anticiclones do Atlântico Sul para o Norte provoca a infiltração de massas de ar frio da frente polar;

⇒ Os ventos alísios do Sudeste que determinam segundo sua força, a extensão da região Atlântica Tropical de pressão baixa em direção Sul ou o avanço dos anticiclones no Atlântico Sul, com infiltração de massas de ar frio da Frente Polar em direção Norte. Tais alísios determinam também as precipitações orográficas sobre a Serra do Mar;

⇒ E por último, a ação da corrente marítima quente do Brasil, no verão, que influencia grandemente as temperaturas da costa, elevando o grau de saturação da

umidade do ar e ocasionando um abaixamento das oscilações anuais da temperatura (MAACK, 2002 ; MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Desses fatores resultam, para quase toda a extensão do Estado do Paraná, e especialmente para a porção Leste do Terceiro Planalto, onde se localiza a parte baixa da bacia do Tibagi e nela a microbacia do Ribeirão das Marrecas, um clima influenciado pelas massas de ar vindas da área Equatorial, Tropical Atlântica e Polar.

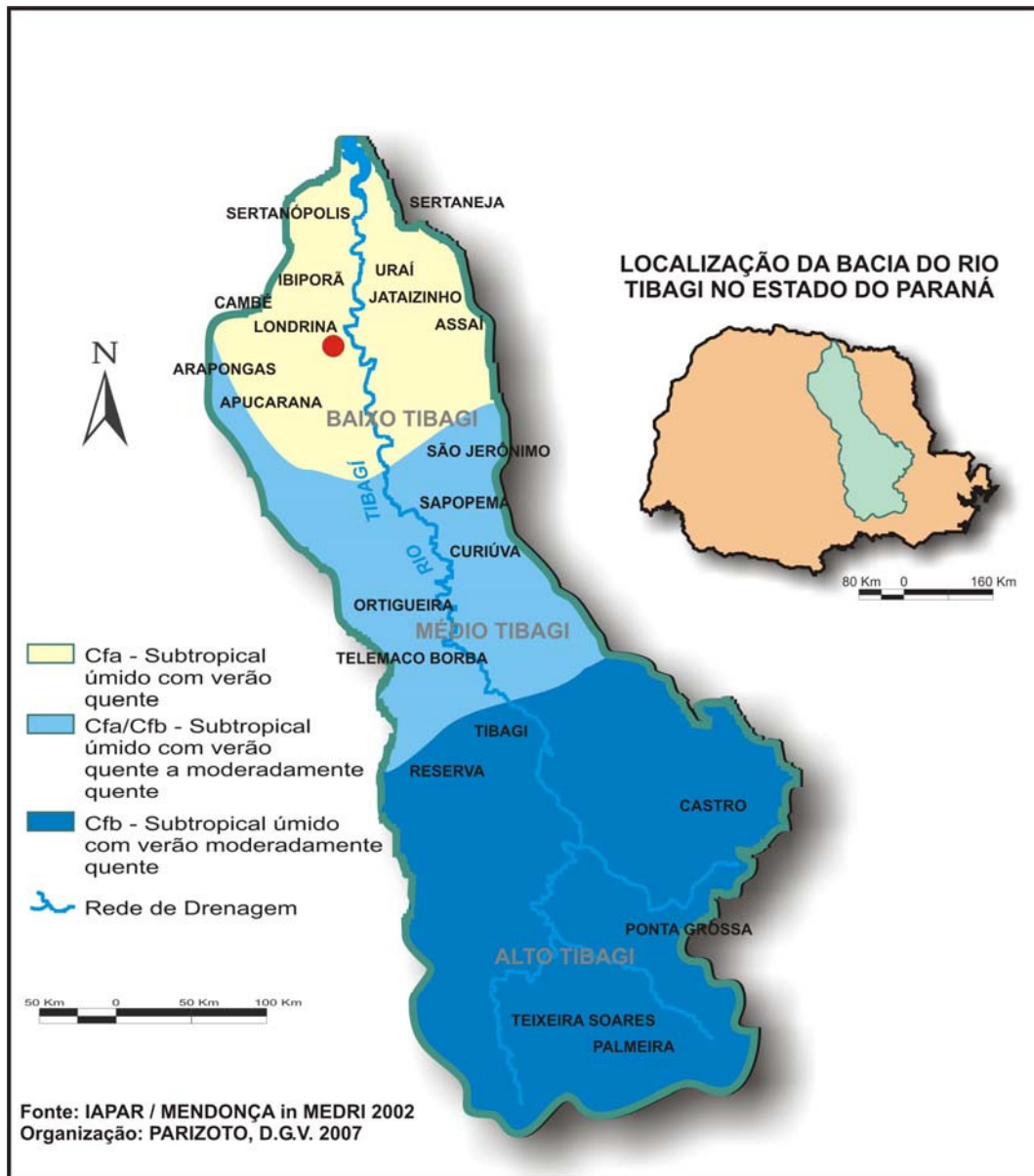
Sobre a classificação de Köppen para o Estado, WONS (1982, p. 73-74) afirma que no Paraná domina o clima do tipo C (Mesotérmico) subdivididos em três grupos, sendo que o Cfa é o tipo climático correspondente à região onde se encontra a bacia do Rio Tibagi:

Cfa – Clima Mesotérmico Úmido com média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, verão quente e geadas menos frequentes. Distribui-se por todo o Norte, Oeste, Sudeste do Estado, pelo vale do Rio Ribeira e pela vertente oriental da serra do Mar.

A bacia principal do Rio Tibagi também foi classificada por Mendonça (2000) em três grandes unidades climáticas, cujas características foram sintetizadas no Quadro 2 e ilustradas no Mapa 7. Segundo esse autor a área I corresponde ao clima Cfa, com média térmica de 21°C e média pluviométrica de 1600 mm/ano. A área II corresponde ao clima Cfa/Cfb, com média térmica de 19,5°C e média pluviométrica de 1700 mm/ano. Por último, a área III corresponde ao clima Cfb, com média térmica de 18°C e média pluviométrica de 1500 mm/ano.

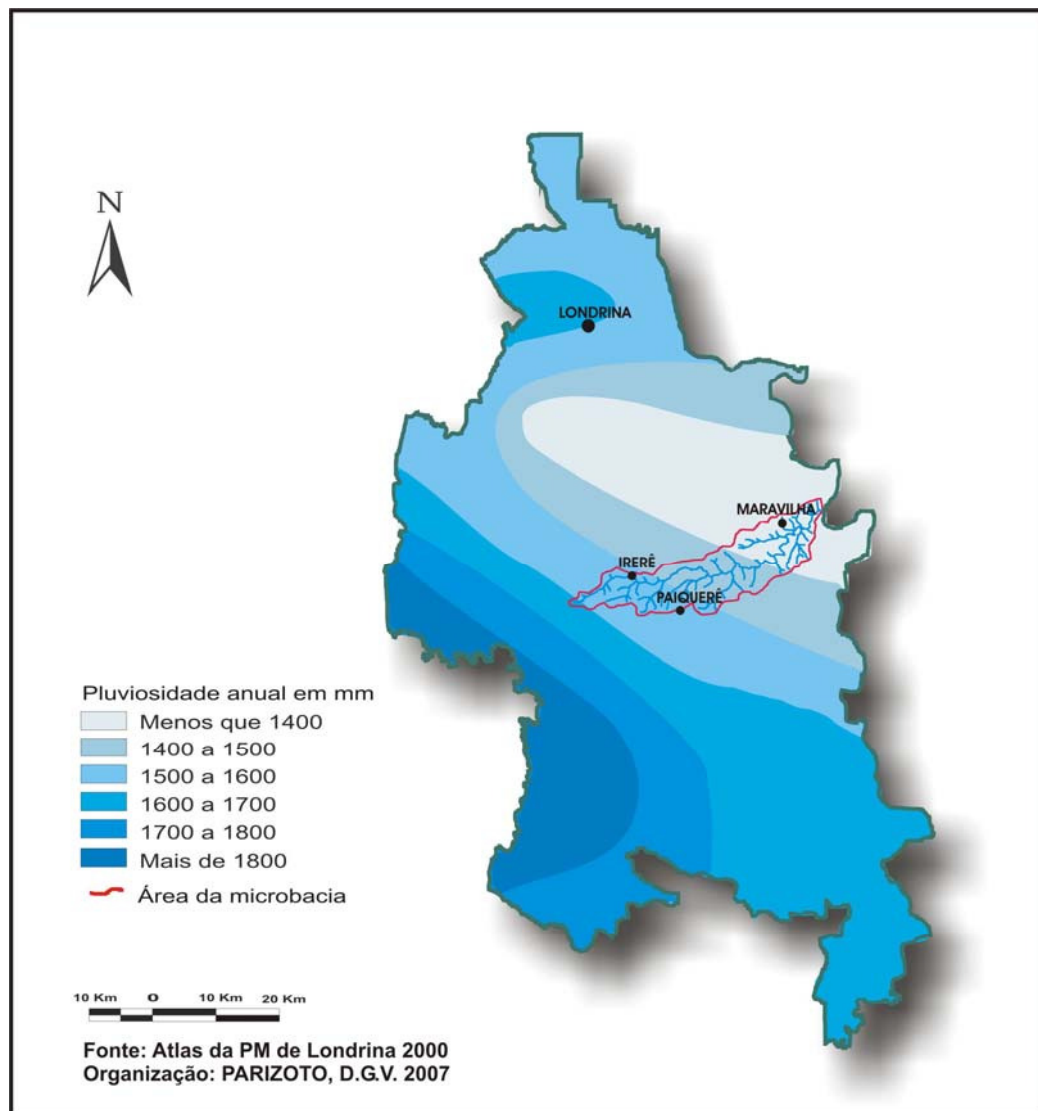
	TIPO CLIMÁTICO	SIST. ATMOSF. PREDOMINANTE	MÉDIAS TÉRMICAS	MÉDIAS PLUVIOMÉTRICAS
Área I	Cfa - Mesotérmico úmido com verão quente	MT _a MT _c MEc e MPa	21°C Méd. Máx. 28°C Méd. Mín. 16°C	1600 mm
Área II	Cfa/Cfb (mista) - Mesotérmico úmido com verão quente a moderadamente quente	MT _a MT _c MEc e MPa	19,5°C Méd. Máx. 26°C Méd. Mín. 14,5°C	1700 mm
Área III	Cfb - Mesotérmico úmido com verão moderadamente quente	MT _a MT _c MEc e MPa	18°C Méd. Máx. 24°C Méd. Mín. 13°C	1500 mm

Quadro 2 – Caracterização climática da bacia hidrográfica do Rio Tibagi, PR.
Fonte: Mendonça (2000)



Mapa 7 – Tipos climáticos da bacia do Rio Tibagi, PR.

Assim sendo, pertencente à porção setentrional da bacia do Rio Tibagi, o Município de Londrina, onde se localiza a microbacia do Ribeirão das Marrecas, tem o predomínio do tipo climático Cfa, que corresponde a área classificada como área I (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2002). (Mapa 8)



Mapa 8 – Pluviosidade anual do Município de Londrina, com destaque para a área da microbacia do Ribeirão das Marrecas.

Essa área I apresenta-se mais úmida no verão, período que concentra grande parte das chuvas que ocorrem ao longo do ano e cujas temperaturas médias máximas podem atingir os 28°C. A isoterma de 20°C (média térmica anual) pode ser tomada como o limite Sul entre a área I e a área II.

A estação de inverno representa um período de relativa estiagem na área, sendo que os meses de julho e agosto se destacam como os mais secos do ano (médias mensais em torno de 50mm), e nestes, além do mês de junho, registram-se as mais baixas médias térmicas anuais, em torno de 18°C. A média das temperaturas mínimas pode chegar em torno dos 10°C no mês de julho, o de maior incidência de geadas; (Figura 6)

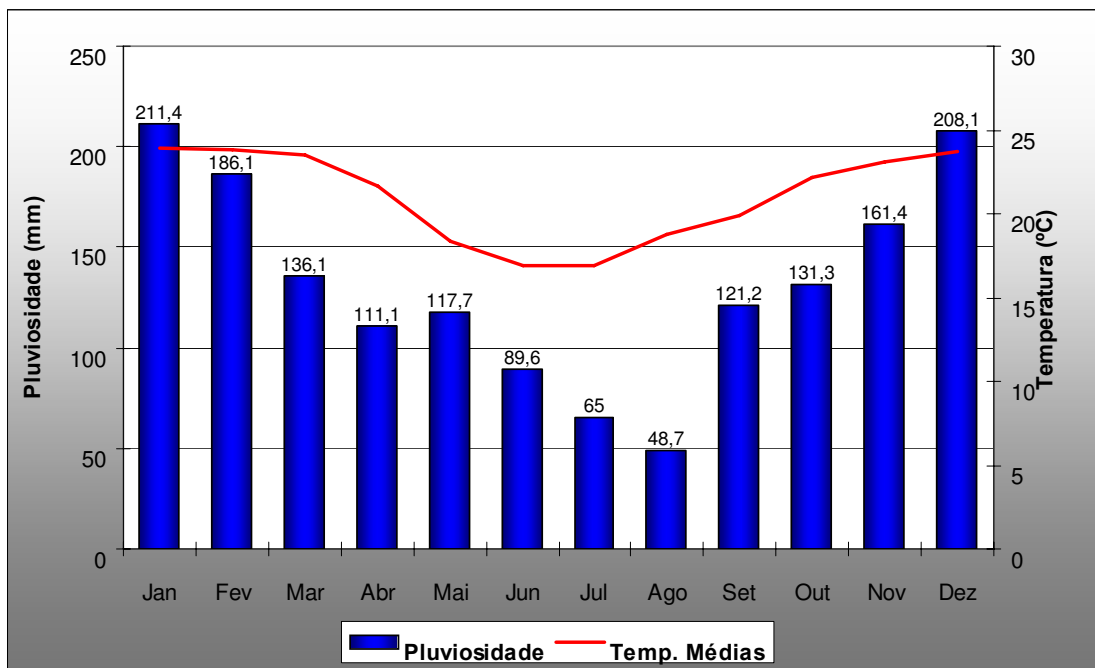


Figura 6 – Média pluviométrica e térmica da região da microbacia do Ribeirão das Marrecas, entre os anos de 1976 e 2007.

Fonte: IAPAR.

Org. PARIZOTO, 2008. Anexo A

O regime dos ventos desta área apresenta uma direção predominante de L/Ne, ressaltando a expressiva participação do sistema Tropical Atlântico (MTa) na caracterização da sua circulação atmosférica. Já os ventos de origem Sudoeste, também importantes, refletem as incursões de fortes frentes frias sobre a área, provenientes do sistema extra-tropical.

A sazonalidade térmica e pluviométrica desta área I é bastante pronunciada se comparada às outras duas grandes unidades climáticas da bacia do Tibagi, fato que a diferencia das demais. O clima desta porção apresenta então as mais expressivas características de tropicalidade no âmbito da bacia, quando comparado às demais áreas.

3.6 COBERTURA VEGETAL ORIGINAL

A paisagem botânica original é fundamentalmente o resultado das interações entre os elementos e fatores climáticos, com maior importância para a temperatura e a umidade resultantes da latitude e das movimentações das massas e das características geológicas, onde a formação pedológica é sem dúvida a principal.

A preservação da maior parcela possível da vegetação original é de extrema importância para a manutenção do equilíbrio do Geossistema onde está inserida. Essas formações vegetais exercem papel importante na preservação dos ambientes à medida que uma grande parte das águas das chuvas fica retida nas copas, evitando que a água caia diretamente no solo, possibilitando uma infiltração mais lenta, reduzindo o risco do escoamento concentrado na superfície. As formações vegetais originais também restringem o efeito das amplitudes térmicas e da umidade. Ainda, as coberturas vegetais florestais são grandes responsáveis pela reposição dos nutrientes no solo, criando o de auto-abastecimento da própria massa vegetal residente.

As ações antrópicas podem e quase sempre se fazem expressivas na alteração desta vegetação original quando o espaço se destina a produção de matérias primas e alimentos.

Ainda assim a apresentação geográfica da área de estudo segue a normalização do conhecimento e desta forma se faz necessário e importante, o reconhecimento da cobertura original, mesmo que essa se encontre no presente bastante alterada.

Como se vê em Maack (2002), a cobertura vegetal do Estado do Paraná, em 1930, constava das seguintes formações florísticas: Mata Pluvial Tropical-Subtropical - 94.044 km²; Mata de Araucária nos planaltos e Subtropical acima de 500 m - 73.780 km²; Campos Limpos e Campos Cerrados - 30.532 km²; vegetação das várzeas e pântanos - 1.761 km²; vegetação das praias, ilhas, restinga e das regiões altas da serra - 529 km²; área das baías com faixas de mangue - 557 km²; totalizando 201.203 Km².

Segundo Barros e Mendonça (2000, p 85),

até fins do século XIX a Região Sul do Brasil apresentava um quadro natural de boa conservação, sendo que a exuberante vegetação, composta de forma genérica por matas pluviais tropicais e subtropicais e campos, atestava um considerável estágio de clímax vegetativo do ecossistema. A introdução de inúmeros processos de produção agropecuária novos, paralelamente à intensificação daqueles já existentes, num primeiro momento, aliada à urbano-industrialização num segundo, alteraram por completo o referido estágio.

E acrescentam que,

em alguns locais as transformações do quadro natural se processaram muito velozmente, introduzindo em pouco tempo não somente a produção agroindustrial em larga escala, mas também a degradação de importantíssimos elementos do meio, necessários à manutenção da qualidade do mesmo.

O Estado do Paraná apresentava então, até início do século atual, uma composição florística natural bastante rica, sobressaindo-se em maior extensão a formação florestal de Matas Nativas (cerca de 84% da superfície do Estado em 1895, conforme o Quadro 3).

ANO	ÁREAS COM MATAS NATIVAS	
	Absoluto (ha)	% Superfície do Estado
1895	16.782.400	84,1
1930	12.902.400	64,7
1937	11.802.200	59,1
1950	7.983.400	39,7
1955	6.913.600	34,4
1960	5.563.600	27,7
1965	4.813.600	23,5
1980	1.015.206	5,1
1987	497.650*	2,5*

* Estimativa

Quadro 3 – Evolução da cobertura florestal no Estado do Paraná –1895/1987.
Fonte: Barros e Mendonça (2000)

Esta característica também podia ser observada no âmbito da bacia hidrográfica do Rio Tibagi, que possuía, conforme visto neste texto, nos trabalhos de Maack (2002), os seguintes tipos de vegetação natural:

- ⇒ Mata pluvial tropical-subtropical;
- ⇒ Mata de araucária nos planaltos e na região da mata subtropical acima de 500 m;
- ⇒ Campos limpos e campos cerrados (estepes de gramíneas baixas).

Estes três tipos predominavam em ambientes distintos dentro da bacia hidrográfica, mas não se excluíam em termos de área.

A Mata Pluvial Tropical-Subtropical distribuía-se principalmente na porção Centro-Norte da bacia, sendo que o segundo tipo, Mata de Araucária, aparecia predominantemente distribuído no interior daquela, na porção central da área e também em grupos isolados no interior dos campos limpos, estes mais predominantes na porção Sul da bacia (TOREZAN, 2002).

A Mata de Araucária no interior da bacia, entretanto, não chegava a formar extensão considerável como em outras localidades de serras do Brasil Sul Oriental.

Ainda, segundo Torezan (2002), especificamente sobre a região do baixo Tibagi, onde se encontra a microbacia do Ribeirão das Marrecas, as altitudes não ultrapassam 800m, a vegetação originalmente dominante era a Floresta Estacional Semidecidual, a qual sofreu um processo intenso de fragmentação desde o século XIX, resultando numa paisagem composta por uma miríade de pequenos fragmentos, somando apenas 2 a 4% da área antes ocupada por florestas.

Antes da fragmentação, esse tipo de ecossistema formava um contínuo com a Floresta Ombrófila densa (a Floresta Atlântica) desde a Costa Atlântica brasileira, sendo por isso considerado parte do bioma das Florestas Tropicais.

A Floresta Estacional Semidecidual constitui vegetação típica do bioma Mata Atlântica, estando condicionada pela dupla estacionalidade climática, perdendo parte das folhas (20 a 50%) nos períodos secos. (Foto 5)



Foto 5 – Área de Floresta Estacional Semidecidual, próxima ao curso do ribeirão.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2006).

A variação da profundidade do solo e as condições de drenagem nas toposseqüências determinam fisionomias distintas da Floresta Estacional Semidecidual. Todavia, a fertilidade do solo parece ter importância secundária nesse processo, já que todo o baixo Tibagi compreende solos férteis, originados dos derrames de lavas básicas.

Entretanto a vegetação original da área de estudo, além de ter uma porção ocupada pelas áreas urbanas dos distritos de Irerê, Paiquerê e Maravilha, sofreu uma intensa degradação causada pela atividade agrícola, o que a levou à quase total eliminação. Atualmente, encontram-se apenas áreas pequenos fragmentos de mata natural, sendo que sendo que a maior parte dos cursos dos rios

se apresenta totalmente desprotegidas de vegetação marginal, com culturas e pastagens chegando até suas margens, como foi observado durante a confecção, para esse trabalho, da carta de uso da terra e mata ciliar.

Esse tipo de uso intensivo ignora as resoluções e dispositivos do Código Florestal, que define essas áreas marginais como Áreas Preservação Permanente (APPs).

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 MATERIAIS

Nesta etapa do trabalho é descrito os materiais e suas especificações, utilizados no decorrer das pesquisas:

⇒ Uma imagem digital proveniente do satélite SPOT 4, órbita ponto 707/39 captada em 18/01/2004, cedida pelo Prof. Osvaldo Coelho, do DGEO - Departamento de Geografia da UEL, para análise do uso da terra;

⇒ 4 cartas topográficas do IBGE, projeção UTM - Universal Transverse Mercator, escala 1:50.000, para suporte de base na análise e confecção da demais cartas produzidas durante a pesquisa, sendo:

- a primeira, uma carta de Londrina, Folha *SF-22-U-II-4* de 1963;
- a segunda, uma a carta de Tamarana, Folha *SF-22-Y-D-VI-2* de 1992;
- a terceira, uma carta de Assaí, Folha *SF-22-Z-C-I-3* de 1991;
- e a quarta Carta de Santa Cecília, Folha *SF-22-Z-C-IV-1* de 1992.

⇒ Uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) da U.S. Geological Survey / NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), com resolução de aproximadamente 90 metros, reamostrado para 30 metros;

⇒ Mapa de levantamento e reconhecimento de solos do Paraná, de 1981 da EMBRAPA, escala 1:600.000;

- ⇒ Mapas digitais sobre relevo e hidrografia do IPARDES - Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social, escala 1:800.000;
- ⇒ Software SPRING / IMPIMA / SCARTA (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), versão 4.3.3, do Instituto de Pesquisas Espaciais, para suporte às análises e integração dos dados;
- ⇒ Software ARCGIS, versão 9.2, também para suporte às análises e integração dos dados;
- ⇒ Software SPSS, versão 15.0, para as análises estatísticas dos dados;
- ⇒ Software ENVI versão 4.2, Photoinpaint versão 4.0 e Adobe Illustrator versão 11.0 para conversão e editoração das imagens;
- ⇒ Software Corel Draw, versão 11.0, para editoração final de cartas e mapas;
- ⇒ Outros softwares variados como Windows XP e o pacote Office 2003;
- ⇒ Um Scanner HP PSC 1350, para digitalização das imagens;
- ⇒ Impressora Lazer Samsung SCX 4200;
- ⇒ Aparelho GPS (*Global Positioning System*), da marca Garmin, modelo e-Trex Vista CX, para marcação dos pontos e confirmações em campo;
- ⇒ Câmera fotográfica digital Samsung V3, de 3.2 megapixel;
- ⇒ Um computador Pentium 4, com velocidade de 3.0 Gigahertz, 2 Gigabytes de memória RAM, HD de 160 Gigabytes e demais periféricos e softwares de uso geral;
- ⇒ Um Penetrômetro (modelo de Bolso) para solos H 4200, de leitura direta, para testes de resistência nos perfis de solo;
- ⇒ Um Penetrômetro para solos da marca SOLOTESTE (Ref. 1.210.001), também para teste de resistência nos perfis de solo;

- ⇒ Três conjuntos de Infiltrômetros de anéis duplos concêntricos, com 250 mm de altura e diâmetros de 250mm nos os anéis interiores e 400mm nos anéis exteriores, para teste de infiltração no solo;
- ⇒ Três réguas de 30cm de comprimento, (divisão 1mm) de fixação por ventosas, para tomada no nível de rebaixamentos da água interna do infiltrômetro;
- ⇒ Um termômetro de precisão de máxima e mínima tipo capela com botão central automático com função zeradora de memória, escala: -38+50 (divisão: 1 °C) da marca INCOTERM, para tomada de temperatura ambiente;
- ⇒ Três termômetros com cabo flexível de 700mm e escala: -25+30 (divisão: 1 °C), marca INCOTERM, para medidas da temperatura do solo e da água interna do infiltrômetro;
- ⇒ Frascos de 400ml com tampa de plástico vedante, para armazenamento das amostras coletadas;
- ⇒ Balança de precisão, com capacidade total de 5kg, expansível para até 15kg (divisão 1g), para pesagem das amostras *in situ*.
- ⇒ 2 Galões para transporte de água de 60 litros cada;
- ⇒ Materiais diversos de utilização secundária como: pá de escavação, colher de pedreiro, enxadão, marreta para instalação dos anéis do infiltrômetro, mangueiras e balde;
- ⇒ Balança de precisão e estufa de secagem, para trabalhos laboratoriais das amostras coletadas, do Laboratório de Química Aplicada, da USC – Universidade do Sagrado Coração, Bauru, São Paulo.

4.2 MÉTODOS E TÉCNICAS

É sabido que o estudo das questões ambientais possui um caráter multidisciplinar e sendo assim, requer reflexões multivariadas, haja vista a complexidade das inter-relações das variáveis envolvidas. Diversas áreas do conhecimento são empregadas nos estudos ambientais modernos. Da mesma forma diversas técnicas das áreas específicas da Geologia, Topografia, Pedologia, Climatologia, Geomorfologia, Agronomia etc. se somam para buscar compreender os fenômenos naturais e antropogênicos. Interpretar e correlacionar toda essa gama de informação é trabalho fundamental da Geografia.

Assim, para a realização dessa pesquisa, várias etapas foram efetuadas, onde cada uma demonstrou seu grau de importância à medida que uma completava a outra.

Essas etapas foram baseadas nas recomendações de Libault (1971) e Ross (1994) sobre os procedimentos necessários para os estudos e produções cartográficas, no caso do primeiro autor, e as necessidades para a realização de eficientes trabalhos em análise ambiental, propostas significativamente pelo segundo autor.

As etapas dessa pesquisa podem ser então verificadas de forma sintética no fluxograma modificado de Libault (1971). (Figura 7)

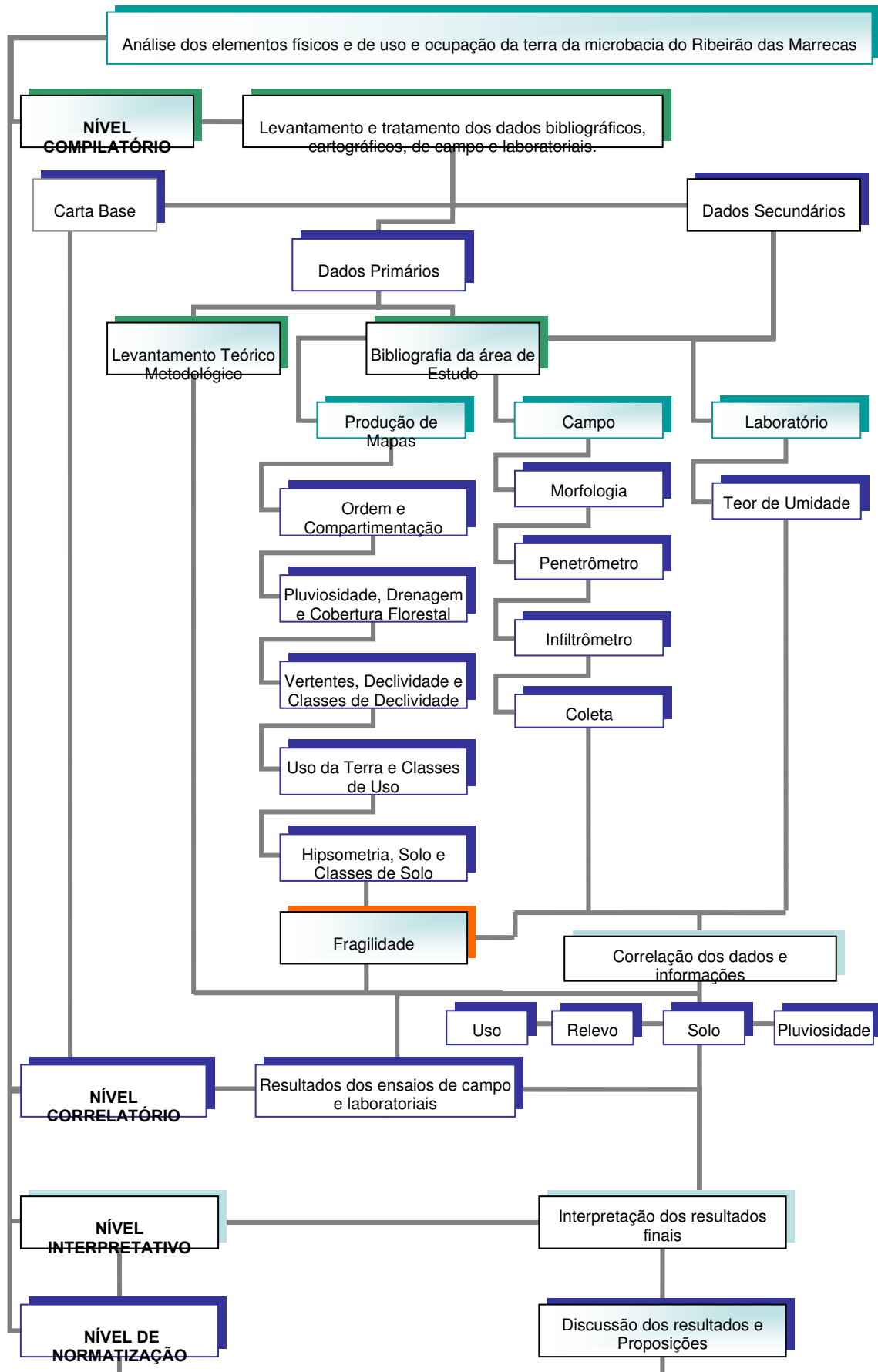


Figura 7 – Fluxograma da pesquisa adaptado de Libault (1971).

4.2.1 A pesquisa bibliográfica

É fundamental ressaltar a importância das revisões bibliográficas que se realizaram durante todo o período do trabalho. Foram organizadas duas frentes distintas de trabalho:

⇒ A primeira, em busca de bibliografias específicas sobre a área de estudo (caracterização geográfica, histórico de ocupação e dados atuais sobre a área), ocorreu quase que exclusivamente na cidade de Londrina, onde se situa a microbacia. Recorreu-se a biblioteca central da UEL, as bibliotecas dos departamentos específicos do curso de Geografia e alguns empréstimos pessoais dos professores do referido curso como fonte principal. Outra fonte importante foi a Prefeitura Municipal, mas especificamente na Secretaria da Agricultura e na Secretaria do Meio Ambiente, onde se procedeu o levantamento de informações estratégicas sobre a localização e acesso a área de estudo, assim como os contatos dos respectivos proprietários dos sítios e fazendas integrantes da microbacia;

⇒ A segunda frente, em busca de referencial bibliográfico teórico-metodológico, para orientar os procedimentos técnico-operacionais do trabalho, aconteceu também nas fontes já citadas, além de outras como a Biblioteca Central USC, na cidade de Bauru, estado de São Paulo; no Departamento de Geomorfologia da USP – Universidade de São Paulo, na cidade de São Paulo; na Biblioteca do IAPAR e na Biblioteca da EMBRAPA, sendo essa duas últimas do município de Londrina. Ainda nesta frente as pesquisas na internet se somaram e foram de grande auxílio no agrupamento de artigos científicos, dados estatísticos e imagens pertinentes ao trabalho.

4.2.2 A elaboração da carta base

Na confecção da carta base da microbacia do Ribeirão da Marrecas foram utilizadas 4 cartas topográficas do IBGE, projeção UTM, escala 1:50.000 (Londrina, Folha SF-22-U-II-4 de 1963; Tamarana, Folha SF-22-Y-D-VI-2 de 1992; Assaí, Folha SF-22-Z-C-I-3 de 1991 e Santa Cecília do Pavão, Folha SF-22-Z-C-IV-1 de 1992), constantes do acervo do laboratório de Cartografia do Departamento de Geografia, da UEL.

Inicialmente, foram digitalizadas e transformadas em arquivo TIFF (*Tagged Image File Format*) a porção específica de cada uma das 4 cartas onde constava o trecho da parte proporcional da microbacia para assim se compor a formação de um quadrante único, necessária à delimitação total da área. (Figura 8)

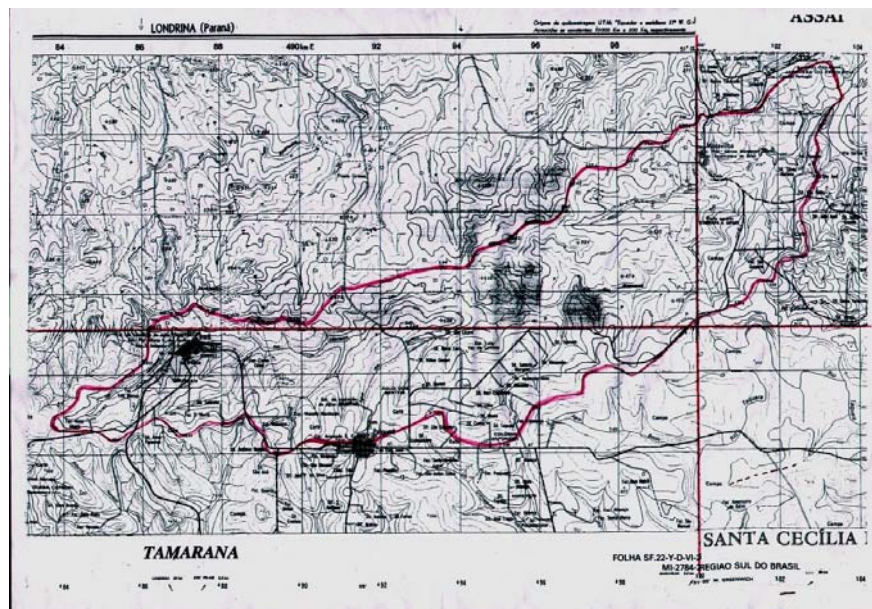


Figura 8 - Quadrante composto com as 4 cartas topográficas do IBGE e delimitação manual da microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: IBGE. Org. CAMPOS, 2006

Em seguida, a imagem foi aberta com o software Photoimpact para que as linhas que demarcam os limites da microbacia pudessem ser evidenciadas. Em seguida se procedeu, da mesma maneira, nova delimitação dos cursos dos rios que compõem a rede de drenagem. (Figura 9)

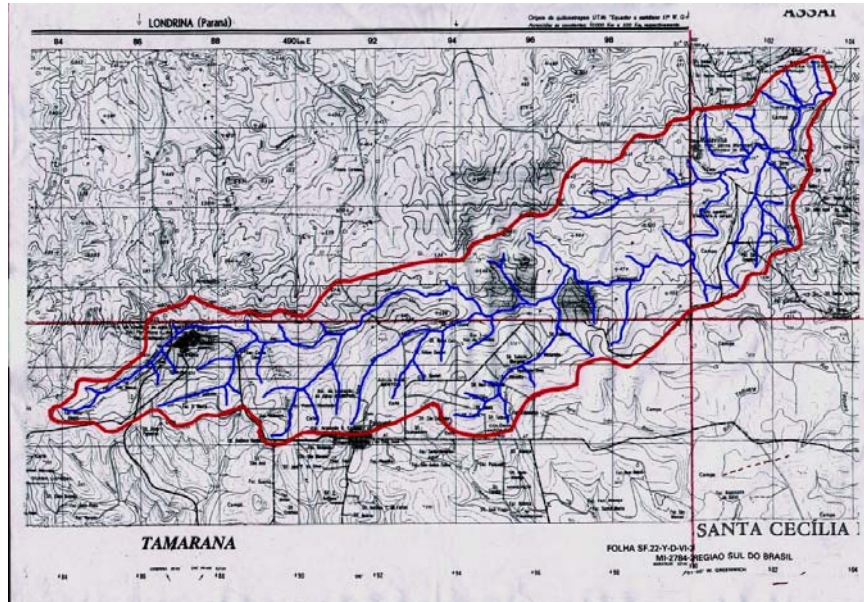


Figura 9 - Quadrante composto com as 4 cartas topográficas do IBGE com a delimitação digital da rede de drenagem da microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.

Fonte: IBGE. Org. CAMPOS, 2006

4.2.3 Carta de compartimentação da bacia

A compartimentação de relevo refere-se a uma técnica geomorfológica, que utiliza o desnivelamento de altitude, como parâmetro indicador do grau de encaixamento da drenagem, ou índice de dissecação do relevo. É calculado pela diferença de cota entre a curva de nível de maior valor do divisor de drenagem e a curva de nível mais rebaixada, dentro de uma mesma bacia de até 2ª ordem.

Segundo Guerra e Guerra (1997, p151),

[...]o agrupamento das bacias de drenagem com mesma classe de desnivelamento e a individualização de bacias, com classes diferentes, através da delimitação de interflúvios e divisores de drenagem, resulta em um mapa final de compartimentação do relevo, onde figuram as áreas representativas de classes distintas de desnivelamento topográfico.

Para a confecção desta carta dividiu-se a bacia em compartimentos por meio das cotas de altitude, tendo como base a carta hipsométrica e as classes hierárquicas de declividade. Essa carta foi elaborada de acordo com a metodologia de Monteiro (2000), para que a análise dos elementos da bacia fosse efetuada de forma organizada, e com maior precisão quanto à visualização das diferenças das unidades de paisagem.

4.2.4 Carta de drenagem e ordem dos canais

Produzida através da imagem TIFF obtida da carta base, em escala 1:50.000. A imagem foi trabalhada com o software SPRING para que essa pudesse ser georeferenciada com o auxílio da imagem SPOT 4. Em seguida se procedeu a nova delimitação dos cursos dos rios que compõem a totalidade da rede de drenagem da microbacia hidrográfica, através da criação de linhas por edição topológica.

4.2.5 Carta dos tipos de solos

Essa carta foi adaptada da carta produzida por Campos (2006) a partir do mapa de levantamento e reconhecimento de solos do Paraná, de 1981, da EMBRAPA, escala 1:600.000. Devido à diferença de escalas entre o mapa da

EMBRAPA e a área estudada, esse produto cartográfico também foi baseado nas descrições morfológicas dos solos nos pontos de coleta de dados durante as saídas de campo. A nomenclatura dos solos foi baseada no Manual de Classificação dos Solos da EMBRAPA (2006). As informações correlacionadas foram trabalhadas no ArcView e posteriormente editadas no software Corel Draw 11.

4.2.6 Carta do uso atual da terra e cobertura florestal

Tendo como referência básica a composição das cartas topográficas do IBGE, apresentada na figura 9 e convertida com o módulo IMPIMA para uso no software SPRING, deu-se o procedimento de georreferenciamento desta com a imagem SPOT, de 18/01/2004. A principal necessidade deste procedimento decorre da dificuldade de identificação de todos os canais que compõe a microbacia, objeto deste estudo. Com a combinação das bandas 1, 2 e 3 nas cores azul, verde e vermelho, foi efetuado uma operação linear para melhorar o contraste da imagem e em seguida gerou-se uma composição colorida, chamada de Imagem Sintética. Esta imagem foi utilizada para a identificação dos objetivos e na elaboração do mapa de uso da terra. (Figura 10)

Em seguida foi criado um Plano de Informação (PI) denominado “rio”, que ativado sobre a imagem possibilitou a geração do PI “limite das APPs” de 30 m que foi utilizado para toda a extensão dos canais da bacia. Uma vez que as larguras máximas do ribeirão e seus afluentes não ultrapassarem os 4 metros. Na seqüência, um novo PI foi criado como “nascente”, cujo limite de proteção, consoante a lei é de 50 m.

Desde o início desses trabalhos foram realizadas convalidações de dados obtidos da análise das imagens e das cartas produzidas através de vários reconhecimentos de campo.

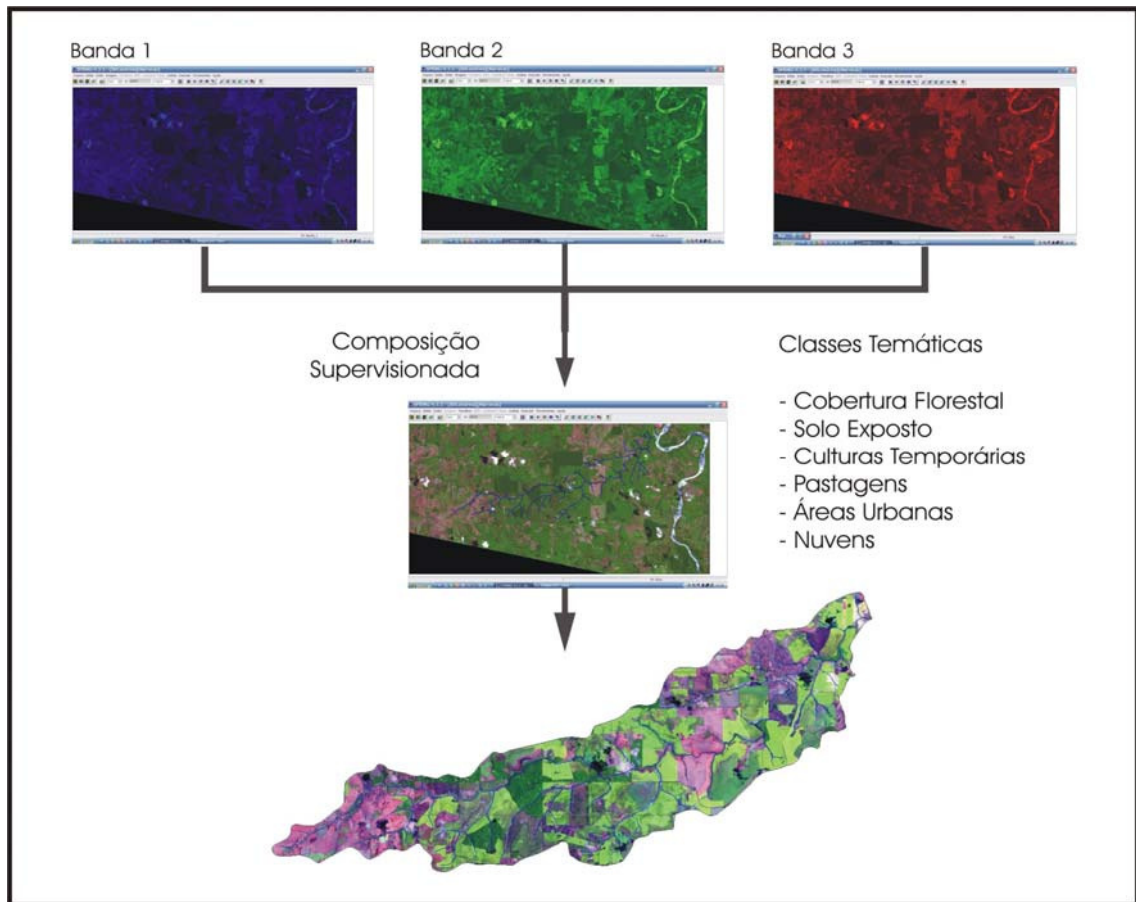


Figura 10 - Máscara com a delimitação digital da rede de drenagem da microbacia hidrográfica do Ribeirão das Marrecas.
Org. PARIZOTO, 2007

Os passos seguintes foram as demarcações das diferentes classes temáticas de ocupação e uso da terra: cobertura florestal, áreas de cultivo, pastagens, áreas construídas e nuvens. As respectivas áreas foram então coloridas para facilitar o reconhecimento.

Por fim, no SCARTA, foram gerados os produtos finais: o mapa de uso atual da terra e o mapa cobertura florestal em áreas de APPs.

4.2.7 Carta hipsométrica

Para a carta hipsométrica, as altitudes foram subdivididas em 08 classes, com intervalos de 40 metros, tendo como cota mínima à elevação 360m e cota máxima 680m de altitude. Os dados foram digitalizados no SPRING e posteriormente trabalhados e editados no aplicativo ArcView. (Quadro 4)

CLASSES DE ALTITUDE	INTERVALOS		
I	360	A	400
II	400	A	440
III	440	A	480
IV	480	A	520
V	520	A	560
VI	560	A	600
VII	600	A	640
VIII	640	A	680

Quadro 4 - Classes de altitude com intervalo de 40 m.

4.2.8 Carta declividade

Para a confecção desta carta foi utilizado o software ArcGIS e seu aplicativo ArcView como sistema de informação geográfica, tomando como referencial a carta base de escala 1:50.000.

A declividade é a inclinação, maior ou menor do relevo, em relação ao horizonte. Nas representações em curva de nível pode-se verificar que quanto maior for a inclinação maior será a proximidade entre as isolinhas. Da

mesma forma, quanto mais afastadas estiverem as isolinhas, mais suave a declividade do terreno se apresentará. Segundo Guerra e Guerra (1997), a declividade entre dois pontos é medida pela inclinação da reta que os une com o plano horizontal, podendo ser expressa em graus ou em porcentagem, de acordo com a seguinte equação:

$$\text{Declive} = \frac{\text{diferença de nível (m)}}{\text{distância horizontal (m)}} \times 100$$

Para esse produto cartográfico foi observada a organização proposta por Ross (1994), tanto para as classes de declividade, como para as categorias hierárquicas da declividade.

O autor organizou as classes de declividade em sete categorias hierárquicas (Quadro 5). Sendo as classes até 6% muito baixas e acima de 30% muito fortes, determinou arranjos dessas classes agrupando-as nas porções inferiores e superiores resultando, então, em cinco categorias para que fossem utilizadas na construção de cartas de fragilidade potencial e emergente. (Quadro 6)

CLASSIFICAÇÕES DE DECLIVIDADE	INTERVALOS DE DECLIVIDADE EM %
I	< que 3%
II	3 a 6%
III	6 a 12%
IV	12 a 20%
V	20 a 30%
VI	30 a 50%
VII	> que 50%

Quadro 5 - Classes de declividade
 Fonte: Adaptado de Ross (1994).

ARRANJO DAS CLASSIFICAÇÕES DE DECLIVIDADE	CLASSES
I	até 6%
II	6 a 12%
III	12 a 20%
IV	20 a 30%
V	acima 30

Quadro 6 - Classes de declividade segundo Ross
 Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Na seqüência foram seguidos os procedimentos de rotina para a entrada de dados no ArcView afim de alcançar o produto final. (Figura 11)

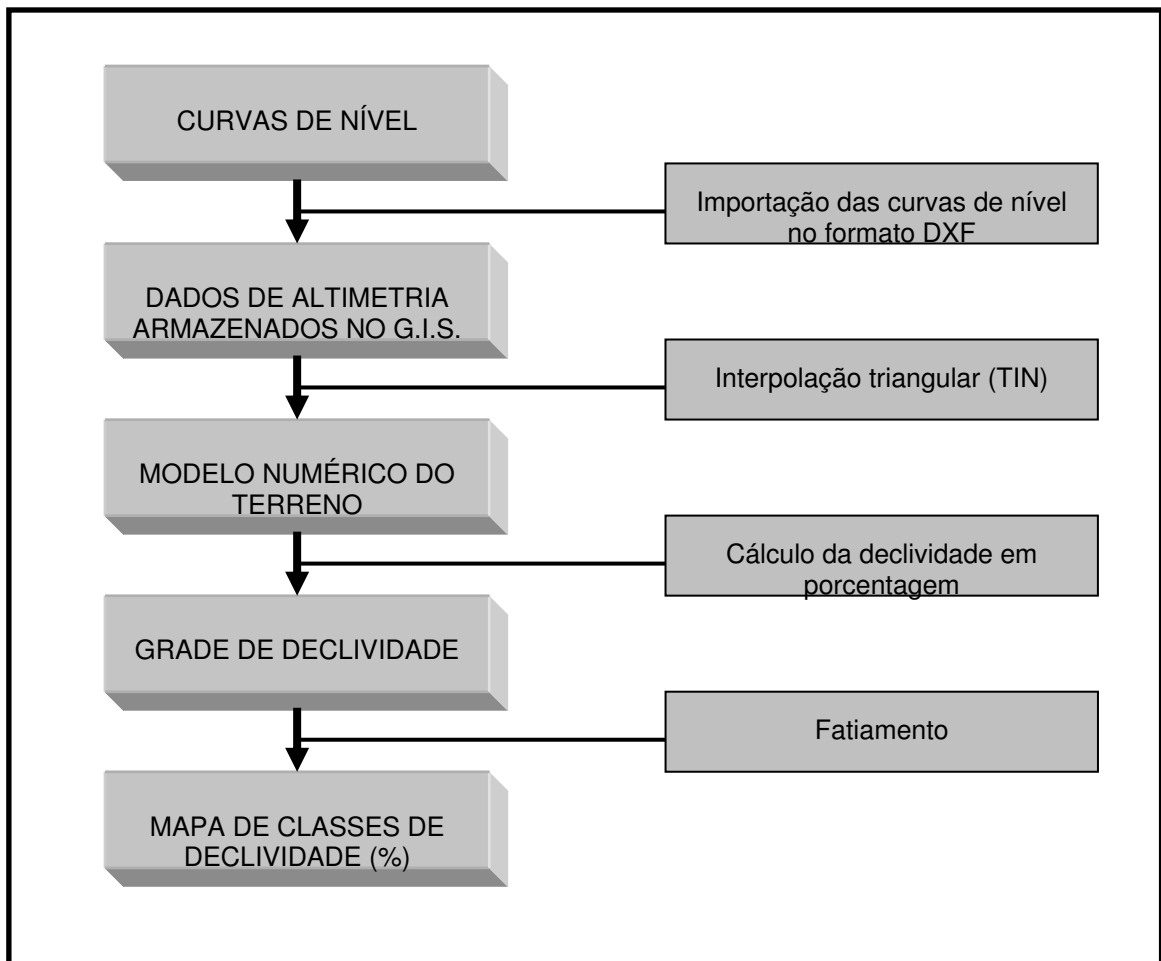


Figura 11 – Procedimento para confecção da carta de declividade.
 Fonte: Adaptado de Rodrigues e Brito (2000).

4.2.9 Carta de orientação das vertentes

Para a carta de orientação de vertentes foi utilizada uma imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) resolução espacial de 90m, adquirida através de FTP (*File Transfer Protocol*) da NASA: <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm>. O download da imagem SRTM foi realizado em formato hgt, sendo necessário a utilização do programa ENVI 4.2 para transformação deste formato para GeoTiff.

A carta final foi elaborada a partir da rotina de manipulação de MNT - Modelagem Numérica de Terreno, na ferramenta própria no ArcView. Os dados de entrada estão no formato de grade de altimetria e como saída foi gerado um mapa de exposição com 8 classes: N: 337,7 - 22,5°, NE: 22,5° - 67,5°, L: 67,5° - 112,5°, SE: 112,5° - 157,5°, S: 157,5° - 202,5°, SO: 202,5° - 247,5°, O: 247,5° - 292,5°, NO: 292,5° - 337,5°. Para estimativa desta direção é utilizada as relações trigonométricas do triângulo retângulo.

Para a compreensão do mapa de orientação em relação à orientação e insolação foram utilizadas as cores laranja (L) para indicar a vertente com maior grau de insolação pela manhã; amarelo escuro (NE), vermelho (N) e magenta (NO), para indicar as vertentes com maior grau de insolação pela manhã e a tarde; púrpura (O) para indicar a vertente com maior grau de insolação à tarde e azul-crepúsculo (SO), azul (S) e azul-celeste (SE) para as vertentes com menor grau de insolação neste mesmo período, conforme padrão CMYK da paleta de cores do Corel Draw.

4.2.10 Carta pluviométrica

Essa carta foi adaptada do mapa de índices pluviométricos anuais do Município de Londrina, confeccionado com os dados da Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento, escala 1:350.000, conforme apresentado em ATLAS (2000).

Novamente, devido à diferença de escalas entre o mapa base e a área estudada, esse produto cartográfico também foi baseado nos dados obtidos no IAPAR - Laboratório de Agrometeorologia, através das suas estações meteorológicas, disponíveis no CD-ROM: IAPAR (2000). As informações correlacionadas foram trabalhadas no software SPRING e posteriormente editadas no Corel Draw 11.

4.2.11 Cartas de fragilidade

Para essas cartas foi feito o uso das metodologias propostas por Ross (1994) e adaptadas em Spörl (2001), que consideram, no caso de escalas intermediárias, como a utilizadas neste trabalho, de 1:50.000, mais viável se apoiar nos índices de declividade do relevo. Na sua construção buscou-se pela compreensão das relações existentes entre os componentes naturais avaliados a partir dos levantamentos e testes de campo, da análise das cartas temáticas confeccionadas anteriormente (drenagem, solos, uso e ocupação, hipsometria, declividade e orientação das vertentes) e dos desequilíbrios provenientes de intervenções humanas.

Para isso foram estabelecidas cinco classes de fragilidade, variando de muito fraca (classe 1) até muito forte (classe 5) conforme Ross (1994). (Quadro 7)

CLASSES DE FRAGILIDADE	
Muito Fraca	1
Fraca	2
Média	3
Forte	4
Muito Forte	5

Quadro 7 – Classes de fragilidade
 Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Tais classes foram relacionadas com os dados de declividade (Quadro 8), tipos de solos (Quadro 9), uso da terra (Quadro 10) e pluviosidade (Quadro 11), que também receberam classificações, de acordo com suas características, variando de muito fraca (classe 1) até muito forte (classe 5), para então se realizar a confecção da carta de fragilidade.

HIERARQUIAS DE DECLIVIDADE EM %	CLASSES
até 6%	1 (Muito Fraca)
6 a 12%	2 (Fraca)
12 a 20%	3 (Média)
20 a 30%	4 (Forte)
acima 30	5 (Muito Forte)

Quadro 8 - Hierarquias de declividade
 Fonte: Adaptado de Ross (1994).

TIPOS DE SOLOS	CLASSES DE FRAGILIDADE
Latossolos Vermelhos e Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa.	1 (Muito Fraca)
Latossolo Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo de textura médio argilosa.	2 (Fraca)
Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média, Nitossolos Vermelhos , Nitossolos Bruno, Argissolo Vermelho-Amarelo de textura médio argilosa	3 (Média)
Argissolo Vermelho-Amarelo de textura médio arenosa e Cambissolos	4 (Forte)
Neossolos Quartzarenicos, Neossolos Flúvicos e Neossolos Litólicos	5 (Muito Forte)

Quadro 9 – Tipos de solos com destaque para os encontrados na área de estudo.
Fonte: Adaptado de Ross (1994).

USO ATUAL DA TERRA (COBERTURA VEGETAL)	CLASSES DE FRAGILIDADE
Áreas de reservas florestais ou matas naturais e florestas cultivadas com biodiversidade.	1 (Muito Fraca)
Formações arbustivas densas e naturais , culturas em plantio direto, pastagem com baixo pisoteio de gado.	2 (Fraca)
Cultivos de ciclos longos em curvas de nível ou terraços, áreas de uso urbano com intensa pavimentação dos solos.	3 (Média)
Culturas de ciclos curtos em curvas de nível ou terraços, áreas próximas aos canais com escassez ou falta de vegetação ciliar, cultivos e pastagens próximo dos leitos dos rios e área de planície de inundação desflorestada	4 (Forte)
Culturas de ciclos curtos sem práticas conservacionistas, áreas desmatadas, solos expostos por arado/gradeação, áreas de solo exposto ao longo de caminhos e estradas.	5 (Muito Forte)

Quadro 10 – Uso atual da terra e cobertura vegetal da área de estudo
Fonte: Adaptado de Ross (1994).

PLUVIOSIDADE	CLASSES DE FRAGILIDADE
Distribuição regular ao longo do ano e com volumes anuais não muito superiores a 1.000mm/ano.	1 (Muito Fraca)
Distribuição regular ao longo do ano com volumes anuais superiores a 2.000mm/ano.	2 (Fraca)
Distribuição anual desigual, com períodos mais secos no inverno e mais chuvoso no verão.	3 (Média)
Distribuição anual desigual, com período seco de 3 a 6 meses e alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril.	4 (Forte)
Distribuição regular, ou não, ao longo do ano, com volumes superiores a 2.500mm/ano; ou ainda, comportamentos pluviométricos irregulares, com episódios de chuvas de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente inferiores a 900mm/ano.	5 (Muito Forte)

Quadro 11 – Índices de pluviosidade com destaque para a classe encontrada na área em estudo.

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

O tamanho reduzido da área em estudo ocasionou, de modo geral, uma menor amplitude na ocorrência das classes. Especificamente pôde-se observar a maior gama de classes no item “uso da terra” e a menor gama no item “pluviosidade”.

4.2.12 Ensaio de campo e análises de campo e análises laboratoriais

Importante etapa no desenvolvimento da pesquisa, o trabalho de campo premia o pesquisador com a melhor oportunidade de testar os conhecimentos adquiridos ao longo do trabalho através dos levantamentos bibliográficos. É, sem dúvida nenhuma, também a melhor chance de se apresentar inovações, baseadas nas retificações de conteúdos anteriormente apresentados por outros pesquisadores, ou mesmo por descobertas próprias. Por outro lado é o momento de maior rigor e disciplina em relação aos objetivos pretendidos e os fatos alcançados.

Segundo Ross e Fierz (2005) a pesquisa de campo pode ser dividida em três momentos distintos. O primeiro caracteriza-se pela observação e descrição dos fatos com a maior precisão possível; o segundo diz respeito à interpretação de imagens para a construção de mapas; e o terceiro refere-se à produção de ensaios de campo e experimentos.

Os pontos escolhidos para os trabalhos de campo foram distribuídas por toda a extensão da microbacia. Foram selecionados pontos em todos os compartimentos, sobre os três tipos de solos encontrados e também nas diversas classes de ocupação e uso, inclusive nas áreas de florestas e nas áreas de cultivos, ora ocupados pela lavoura, ora expostos pelo manejo que precede o novo ciclo de cultivo.

Fundamentalmente dois tipos de ensaios de campo foram

efetuados neste trabalho. O primeiro tratou das análises de resistência a penetração com hastes metálicas através do emprego de dois diferentes tipos de penetrômetro: o Penetrômetro de Bolso para Solos e o Penetrômetro de Solos com Anel Dinamométrico. O segundo tipo de ensaio foi a medição da infiltrabilidade do solo com a utilização de Infiltrômetro de Anéis Duplos Concêntricos. Nos dois tipos de testes buscou-se uma padronização metodológica quando ao fator umidade, tomando-se como parâmetro fundamental a friabilidade equivalente das amostras. Esse parâmetro era obtido respeitando-se o tempo de alguns dias de ausência de chuva após um período curto de chuvas moderadas. Ainda assim, amostras coletadas durante os trabalhos eram submetidas a teste de laboratórios para aferir o teor de umidade, conforme será descrito mais adiante.

4.2.12.1 O penetrômetro

O primeiro modelo, o Penetrômetro de Bolso para Solos é indicado para medidas preliminares em campo e em aplicações onde a camada analisada seja a superficial. Conforme Solotest (2002) este aparelho expressa resultados em Kgf/cm^2 ou Ton/pés^2 através de leitura direta. A faixa de medição compreende 0 a 4,5 e indica a consistência e tensão admissível (resistência) não confinada ao cisalhamento. Neste modelo ainda pode ser usado uma base adaptadora com área 16 vezes maior para solos pouco coesivos, situação que, todavia, não foi observada durante os ensaios nos tipos de solos da microbacia pesquisada. (Foto 6)

A utilização deste modelo se dava com o pressionar do instrumento lentamente contra o solo, tomando cuidado de verificar se não haviam

pedras, raízes ou outros objetos e circunstâncias que poderiam ser diferentes da condição real do solo. A profundidade da penetração deve ser feita até a marcação na ponta da haste do instrumento.



Foto 6 – Penetrômetro de Bolso para Solos.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).

Foram tomadas medições em três trincheiras distintas, para cada ponto de coleta, separadas por aproximadamente 10 metros, desenhados na forma triangular. As penetrações eram tomadas nos horizontes superficiais das trincheiras, em 3 profundidades crescentes: 0+10cm, 0+20cm e 0+30cm. Terminada cada penetração, fazia-se a leitura na parte superior do instrumento, em Kgf/cm^2 , para posterior análise estatística simples, no Microsoft Excel e a conseqüente geração dos gráficos pertinentes. (Foto 8 e 9)

O segundo modelo, Penetrômetro de Solos com Anel Dinamométrico é indicado para a medida da tensão admissível dos solos. Este penetrômetro trabalha na escala de 0 a 100 Kgf, medidos por um anel dinamométrico, o que lhe confere maior exatidão. É composto de maçaneta dupla

(guidão), 3 hastes de 38 cm com 3 divisões a cada 12cm, um anel dinamométrico com capacidade 100 kgf, uma ponta cônica removível, 3 luvas para conexão das hastes e certificado de calibração do anel. O relógio comparador do anel possui uma trava, que se fixa sempre na tomada de medição mais elevadas, para possibilitar ao operador fazer uma leitura mais precisa. O anel dinamométrico é numerado e com certificado de calibração. (Foto 7)



Foto 7 – Penetrômetro de Solos com Anel Dinamométrico.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).

Os procedimentos operacionais para coleta de dados foram praticamente idênticos as do modelo de bolso, inclusive pela utilização das mesmas trincheiras. Apenas se diferencia na tomada da leitura no relógio comparador do anel, pois essa se dá através de um número expresso em mm, que representa a medida da penetração do cone em solo não confinado e necessita ser convertido para a carga máxima de penetração aplicada, conforme demonstrado pela equação: $X = (y - a) / b$, onde: X = carga aplicada, y = leitura no relógio e “a” e “b” são valores da calibração do penetrômetro (a = -0,156 e b = 2,085 no certificado no. 88507-07 que acompanha o aparelho). Em seguida se obtém os valores da carga de

penetração ou Resistência à Penetração (RP) em solo não confinado, em Kgf/cm^2 , através da divisão da carga de penetração pela área da base do cone (diâmetro $28,4\text{mm} = 6,33\text{cm}^2$). (Foto 10 e 11)



Foto 8 – Trincheira com marcação de 0+10, 0+20 e 0+30cm.
Foto: Parizoto, G.M. (2007).



Foto 9 – Uso do Penetrômetro de Bolso para Solos na marcação de 10cm.
Foto: Parizoto, G.M. (2007).



Foto 10 – Uso do Penetrômetro de Solos com Anel Dinamométrico em posição vertical na marcação de 20cm.
Foto: Parizoto, G.M. (2008).



Foto 11 – Uso do Penetrômetro de Solos com Anel Dinamométrico em posição horizontal na marcação de 20cm.
Foto: Parizoto, G.M. (2007).

4.2.12.2 O infiltrômetro

O método de campo utilizado na determinação da taxa de infiltração contou com os Infiltrômetros de Anéis Duplos Concêntricos, que consiste de dois cilindros encaixados, com 250mm de altura e diâmetros de 250mm nos os anéis interiores e 400mm nos anéis exteriores, respectivamente.

Os anéis foram confeccionados em PVC de 3mm de espessura para o anel interno e 5mm para o anel externo. No anel interno foi instalado uma régua de 30cm de comprimento, (divisão 1mm) fixadas por ventosas, para tomada no nível de rebaixamento da água interna do infiltrômetro. O anel externo tem como finalidade reduzir o efeito da dispersão lateral da água infiltrada do anel interno, para que assim, a água do anel interno infiltre no perfil do solo em direção predominante vertical, o que evita uma superestimativa da taxa de infiltração. (Foto 12)



Foto 12 – Infiltrômetros de Anéis Duplos Concêntricos.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).

Foram tomadas medições em 3 locais distintos, em cada ponto escolhido, separados por aproximadamente 10 metros, desenhados na forma triangular, imediatamente próximo as trincheiras escavadas para os testes com os penetrômetros. (Figura 12 e Foto 13)

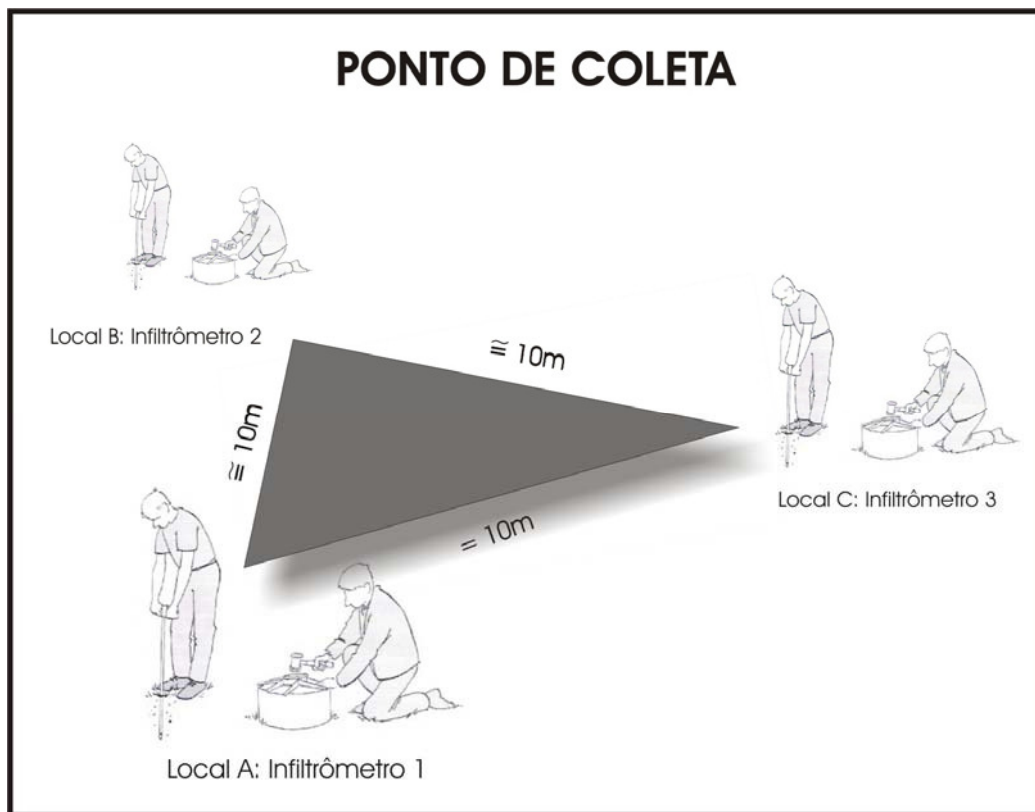


Figura 12 – Esquema de distribuição dos pontos de coleta.

Os dois cilindros foram instalados em 10cm de profundidade, com o uso de uma marreta e um suporte de madeira que encaixado nas bordas dos anéis evitava o repique da marreta e a conseqüente abertura de fissuras entre o solo e o anel, fato que poderia comprometer os índices de infiltração. (Foto 14)

Durante a realização dos testes, dentro dos cilindros foi mantida uma carga de água constante de aproximadamente 10cm de altura em relação a superfície do solo, reposta a cada 10 minutos, assim que a informação de infiltração (rebaixamento do nível da água do anel interno) era tomada, em centímetro, na régua graduada. A reposição era realizada por controle manual com uma mangueira ligada a um galão de 20 litros, para reposição rápida, devidamente ajustada para alimentar o cilindro interno e o externo.

Em cada dos pontos escolhidos foram efetuados testes de infiltração com duração de até 120 minutos. Os tempos/intervalos de cada leitura foram 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110 e 120 minutos a contar do instante zero. Os testes foram realizados até que a taxa de infiltração, observada no anel interno, tornava-se constante e o valor de leitura se repetia pelo menos três vezes.

Juntamente com os dados de infiltração, foram coletados valores para a temperatura dos solos, do ar e da água contida nos anéis. Os valores do ar e do solo foram utilizados apenas como referência para o valor principal que era a temperatura da água, necessária para os cálculos de ajuste de infiltração de acordo com a viscosidade. (Foto 15)

Terminado cada seqüência de testes, fez-se a média aritmética de cada momento igual de cada infiltrômetro para posteriormente se calcular a quantidade de água infiltrada, na conversão de l/min para mm/h, através do aplicativo de cálculo de volume de cilindros verticais de extremidades planas, disponível em WebCalc (2008). O valor da quantidade de água infiltrada era por fim ajustado de acordo com a com a viscosidade da água, conforme as orientações obtidas em SRH (2008).

Por último, amostras de cada ponto foram tomadas e armazenadas em vidros fechados a fim de se preservar as características da umidade das amostras. Essas amostras foram pesadas, secas em estufa por 24 horas, a 110°C e novamente pesadas, para a conferência do nível de umidade dos solos onde foram realizados os testes. Resultados inferiores a 14% e superiores a 22% de umidade invalidavam o teste efetuado. (Foto 16, 17 e 18)



Foto 13 - Distribuição dos Infiltrômetros
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 14 – Instalação dos anéis
Foto: Parizoto, G.M. (2007).



Foto 15 – Tomada da Temperatura.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 16 – Coleta das amostras.
Foto: Parizoto, G.M. (2007).



Foto 17 – Pesagem das amostras.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 18 – Secagem das amostras.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS CARTOGRÁFICOS

Nesta etapa do trabalho serão apresentadas as cartas confeccionadas, assim como uma análise das correlações entre os elementos físicos e antrópicos da área de estudo, a fim de se estabelecer uma visão geral do estado ambiental da microbacia.

5.1.1 A carta base

A análise da Carta Base, elaborada a partir das 4 cartas topográficas do IBGE e da sobreposição da imagem SPOT 2004 no software SPRING 4.3, possibilitou a delimitação dos divisores de águas e conseqüentemente da área da microbacia, das redes de drenagem, das áreas urbanizadas e das interações antrópicas, como as estradas e principalmente as áreas cultivadas. É importante lembrar que todas essas observações também se baseiam nas convalidações efetuadas em campo realizadas desde o início do trabalho.

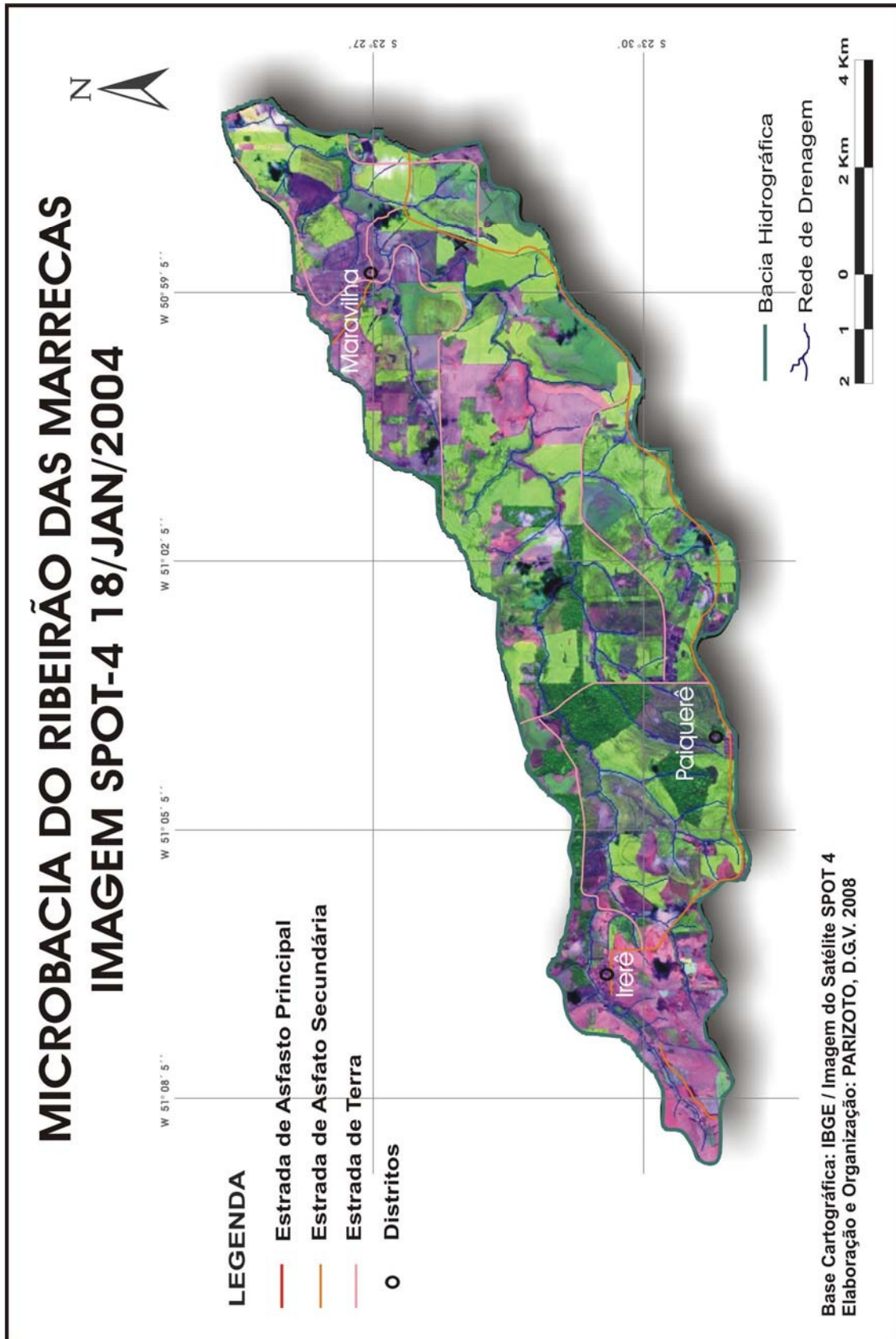
A microbacia do Ribeirão das Marrecas é predominantemente de uso agrícola. A reduzida dimensão da área de estudo (de aproximadamente 72,42 km², como apresentada em capítulo anterior) juntamente com a intensa ocupação econômica, evidenciada pelo grande número de propriedades agrícolas e

de estradas ora de asfalto, ora de terra, que as conecta, possibilitou uma relativa facilidade no deslocamento dentro da área da microbacia. (Mapa 9)

A rodovia PR 445 corta o trecho inicial da microbacia exatamente na entrada do Distrito de Irerê, que dista aproximadamente 24,45km de Londrina, mais especificadamente marcado a partir da entrada da UEL. Do trevo de Irerê, seguindo sentido Oeste, pela PR 532, que leva a ao Distrito de São Luiz, se alcança a entrada da Fazenda Boa Vista, local da nascente do Ribeirão das Marrecas. Outra estrada que foi bastante utilizada foi a vicinal, que liga os Distritos de Irerê e Paiquerê a São Jerônimo da Serra. Neste trecho inicial da microbacia as áreas de solo exposto, mostrados na imagem SPOT, não significam falta de utilização, mas sim o momento posterior a uma colheita e a preparação para o próximo plantio, pois essa área, apesar do terreno bastante movimentado, como se observou nas cartas topográficas do IBGE e nos trabalhos de campo é intensamente ocupada por culturas de ciclo curto como a soja e o milho ou pastagens.

No trecho central, compreendido pelo médio curso do ribeirão a malha de estradas se torna menos densa evidentemente pela presença de propriedades maiores. É nesta área também que se encontram os maiores remanescentes de vegetação original (outra evidência da presença das grandes propriedades) e um aumento no número e na extensão dos afluentes. Nesta área se encontra o Distrito de Paiquerê, o maior entre os três, contidos na microbacia.

No último trecho, o baixo curso, as vias de circulação se tornam novamente menos densa e as visitas de campo demonstraram a maior presença de sítios e chácaras, isto é, propriedades de menor porte.



Mapa 9 – Carta base

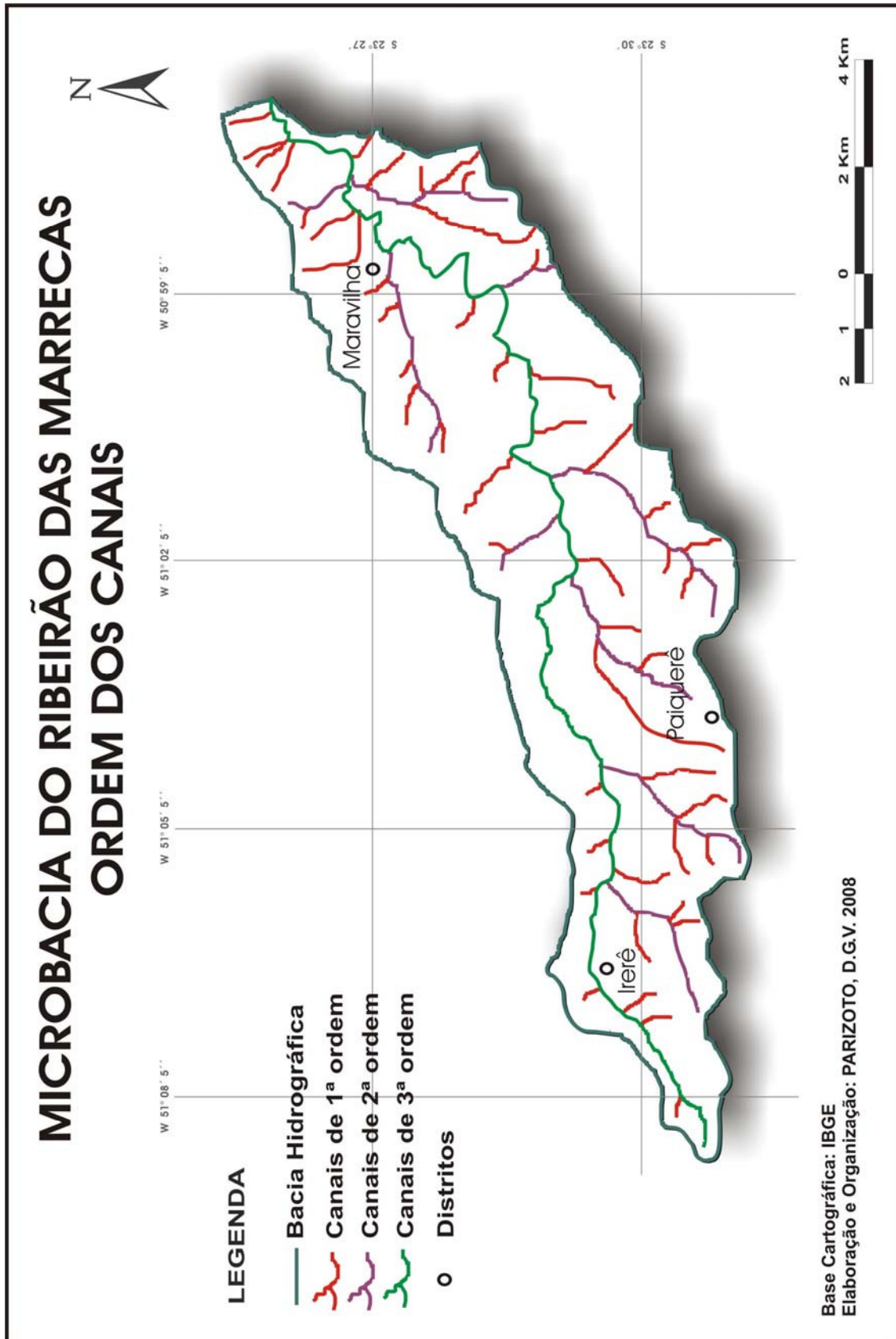
Por fim, esse instrumento cartográfico contribuiu significativamente para a realização dos outros produtos temáticos e possibilitou, também, o reconhecimento prévio da área de estudo, auxiliando na escolha dos critérios para a compartimentação da bacia em unidades de paisagem a fim de se escolher os locais para os testes de campo e coleta de dados.

5.1.2 Carta de ordem dos canais

Através da análise da Carta de Drenagem e os conceitos teóricos de Bentes-Gama e Christofolletti apresentados no capítulo 2.2, a bacia de drenagem da microbacia do Ribeirão das Marrecas é do tipo exorreica de padrão dendrítica. Seus canais somam 89.463,02 metros de extensão, sendo 27.279,83 metros no compartimento I, 33.539,11 metros no compartimento II e 28.644,52 metros no compartimento III.

No que se refere à ordem de canais de uma bacia hidrográfica, Horton (apud CHRISTOFOLETTI, 1980), descreve que os canais de primeira ordem são aqueles que não possuem tributários; os canais de segunda ordem somente recebem tributários de primeira ordem; os de terceira ordem podem receber um ou mais tributários de segunda ordem, mas também podem receber afluentes de primeira ordem; os de quarta ordem recebem tributários de terceira ordem e, também, os de ordem inferior e assim sucessivamente.

Assim sendo a microbacia do Ribeirão das Marrecas se encaixa na classificação da 3^a. ordem. (Mapa 10)



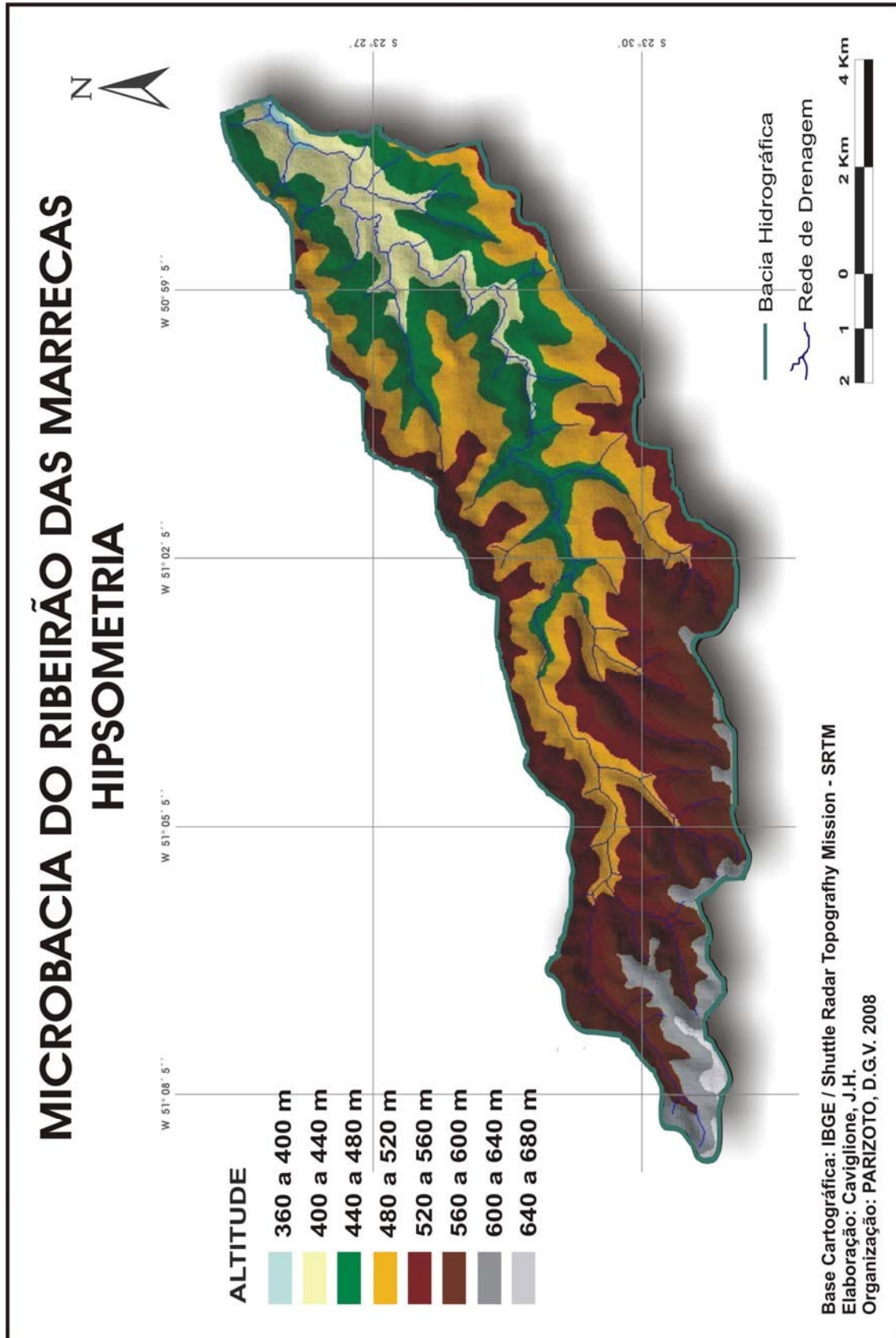
Mapa 10 – Carta de ordem dos canais

5.1.3 Carta hipsométrica e carta de compartimentação da bacia

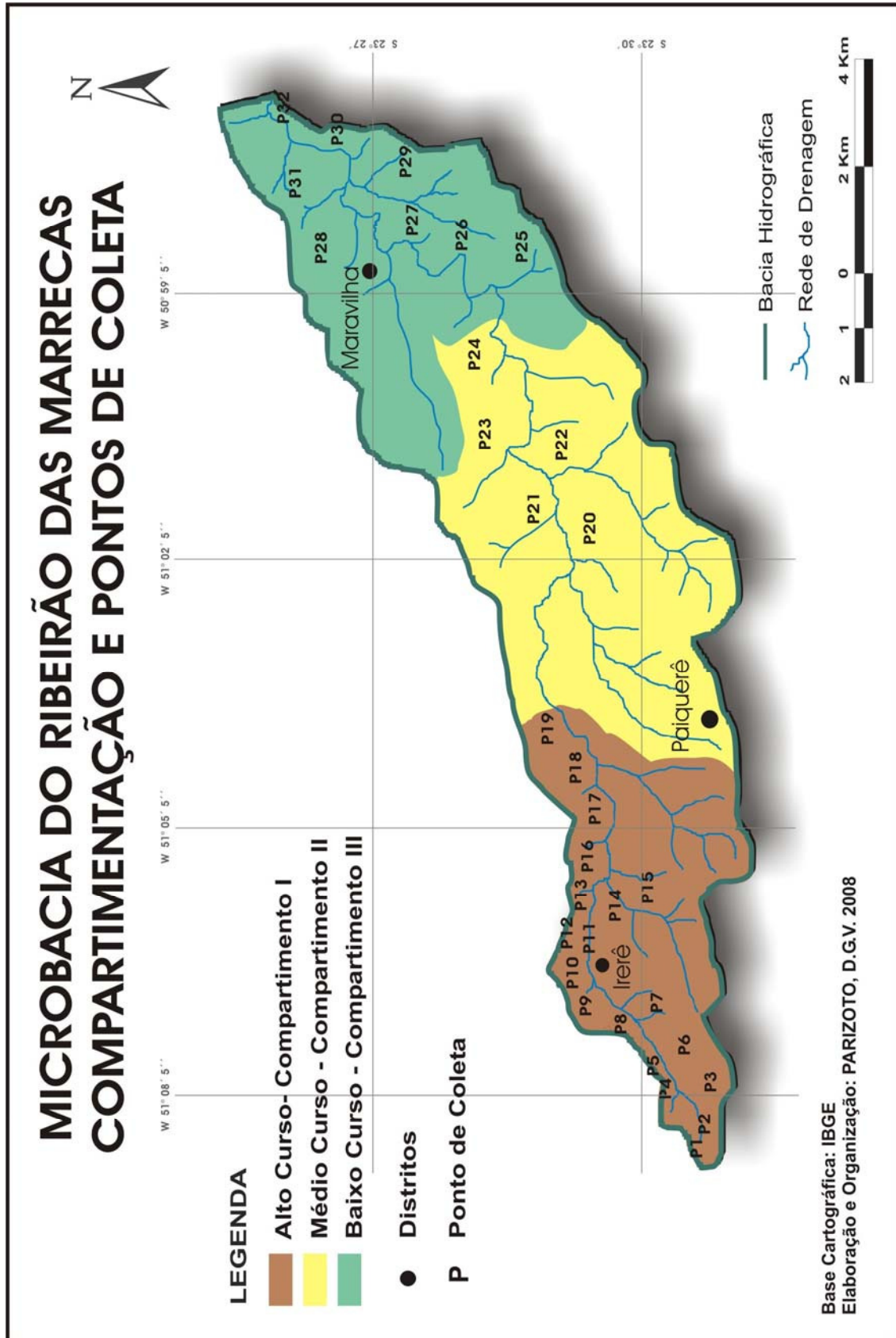
A carta hipsométrica é muito importante para os estudos ligados ao uso e ocupação da terra, uma vez que fornecem informações sobre a morfologia da paisagem e a sua subsequente ocupação. O relevo também exerce grande influência sobre os fatores hidrológicos, onde o escoamento superficial depende grandemente da distribuição espacial do terreno.

A área onde se encontra a microbacia do Ribeirão dos Marrecas está situada na região fisiográfica do Terceiro Planalto Paranaense e apresenta cotas de altitudes pouco elevadas. Essas altitudes, que variam, de 360m até 680m, foram subdivididas em extensões de 40m, resultando em 8 cotas distintas. De posse dessas informações foi possível identificar as áreas onde significativas quantidades de material podem ser transportados das encostas, afetando os solos desprotegidos e depositando maiores quantidades de materiais na rede hidrográfica da microbacia. Este produto cartográfico também se relaciona as outras informações como: tipo de solo, rede de drenagem, formação vegetal etc. possibilitando uma compreensão mais adequada do ambiente, auxiliando na organização do espaço. (Mapa 11)

Já a elaboração do mapa de compartimentação possibilitou o entendimento de que a microbacia do Ribeirão das Marrecas possui características homogêneas em unidades de paisagem distintas. Essa carta foi a principal ferramenta no momento de escolha dos pontos de trabalho de campo e coletas de dados. (Mapa 12)



Mapa 11 – Carta hipsométrica



Mapa 12 – Carta de compartimentação e pontos de coleta

A análise das cartas hipsométrica e de compartimentação evidencia as diferenças altimétricas da porção Leste/Sudoeste da bacia, próxima a nascente, com o predomínio das cotas que compõe os agrupamentos entre 680m a 600m e a porção oeste, próximas à foz, onde predominam as cotas que compõe os agrupamentos entre 440 a 360m. (Tabelas 1 e 2)

Na área escolhida como Compartimento I, com 19,94km² (27,54% da área da bacia), encontra-se a nascente do ribeirão, porção Oeste da microbacia, onde está a maior parte das cotas de maior altitude. Elas estão representadas pelos valores de 640m a 680m (0,76% da área da bacia), 600m a 640m (5,10%) e 560m a 600m (14,72%), totalizando uma porção que corresponde a 20,58% da área da microbacia. É neste compartimento que se encontra o Distrito de Irerê. Também é uma área com maior ocupação humana, representada pelo maior número de pequenas e médias propriedades, fato que pode ser relacionado com a passagem da rodovia PR 445.

Tabela 1 – Distribuição das cotas altimétricas da microbacia do Ribeirão das Marrecas

COTA HIPSOMÉTRICA	% NA MICROBACIA	ÁREA	
		km ²	ha
360m a 400m	0,37	0,27	26,80
400m a 440m	8,43	6,11	610,52
440m a 480m	20,17	14,61	1460,76
480m a 520m	27,42	19,86	1985,83
520m a 560m	23,03	16,68	1667,89
560m a 600m	14,72	10,66	1066,06
600m a 640m	5,10	3,69	369,36
640m a 680m	0,76	0,55	55,04
Totais		72,42 km ²	7.242,26

Fonte: IBGE – Tabulações realizadas pelo autor.

O Compartimento II com 28,51km² (39,35%), abrange a porção médio-inferior da microbacia, englobando a maior parte das cotas representadas pelos valores de 520m a 560m (23,03%) e 480m a 520m (27,42%), que totalizam 50,45% da área total da microbacia. Neste compartimento encontra-se o Distrito de Paiquerê. Também é aqui, especificamente na margem direita, que estão os afluentes mais longos do Marrecas, juntamente com porções de intensa movimentação do relevo.

Tabela 2 – Compartimentação da microbacia do Ribeirão das Marrecas

COMPARTIMENTO	% NA MICROBACIA	ÁREA	
		km ²	ha
I	27,54	19,94	1.994,51
II	39,35	28,50	2.849,83
III	33,11	23,98	2.397,92
Totais		72,42 km ²	7.242,26

Tabulações realizadas pelo autor.

O Compartimento III com 23,98km² (33,11%), compreende a porção inferior do curso do ribeirão, representado pelas cotas de 440m a 480m (20,17%), 400m a 440m (8,43%) e 360m a 400m (0,37%) totalizando 28,97% da área total da microbacia. É onde se localiza o Distrito de Maravilha. Possui relevo predominantemente mais suave, mas também é neste compartimento que aparecem, pontualmente, os maiores índices acentuada declividade.

5.1.4 Carta de tipos de solos e classes de solos

Os mapeamentos do sistema de cobertura pedológica, nos estudos de fragilidade ambiental, contribuem para a visualização prévia dos solos

que apresentam naturalmente maior suscetibilidade aos processos de erosão, fornecendo informações quanto à localização e posição que cada solo ocupa na vertente. Essa localização também auxilia na seleção dos pontos para as análises de campo. (Mapas 13 e 14)

A Carta de solos evidencia a predominância do Nitossolo Vermelho Eutroférico, antiga Terra Roxa Estruturada, em quase toda a bacia. Esse solo apresenta um bom estágio de evolução e profundidade, com textura argilosa e visual cerosidade nas faces dos agregados.

Segundo Guerra e Botelho (1998) esse tipo de solo apresenta horizonte Bt com estrutura em bloco, cerosidade moderada a forte, alta estabilidade dos micro agregados, textura argilosa ou muito argilosa, pouca diferenciação nas cores dos horizontes e presença de minerais magnéticos em grande quantidade. Ainda segundo os autores sua ocorrência está relacionada ao material originário, representado por rochas básicas e ultra-básicas. Esses solos têm baixo gradiente estrutural entre os horizontes A e B, e alta porosidade, possibilitando, na maioria dos casos, uma boa permeabilidade, o que, no conjunto, dá a esse tipo de solo uma relativa resistência aos processos erosivos. Entretanto, em casos de drenagem moderada ou imperfeita e terrenos mais declivosos, eleva-se a suscetibilidade desses solos à erosão.

Na microbacia em estudo esse tipo de solo ocupa especificamente áreas onde o relevo se apresenta de plano a suavemente ondulado no terço superior das vertentes. Sua distribuição se faz presente em 82,98% da

microbacia. Na análise do potencial de fragilidade esse tipo de solo recebeu o índice 3, correspondendo à média fragilidade.

O Latossolo Vermelho Eutroférico ocorre em áreas restritas, abrangendo quase que exclusivamente o trecho central direito e correspondendo a 7,78% da área da microbacia.

De acordo com a EMBRAPA (2006), esses solos também são bem evoluídos, apresentando estrutura granular e textura argilosa, fato confirmado nas verificações de campo.

A boa permeabilidade e drenagem, com pouca diferenciação no teor de argila do horizonte A para o B, garantem, na maioria dos casos, uma boa resistência desses solos à erosão (GUERRA; BOTELHO, 1998).

Todas essas características conferem a esse tipo de solo o índice 1 na classificação proposta da fragilidade.

Especificamente em alguns locais destes trechos da microbacia com relevo um pouco mais movimentado desenvolve-se uma faixa de Latossolo Vermelho Eutroférico de textura média com textura areno-argilosa e estrutura granular a sub-angular de média a moderada, friável, o que imprime a esse solo um grau um pouco maior de fragilidade, principalmente quando se diz respeito a ocorrência de ravinamentos pela maior facilidade de desagregação das partículas.

Já os Neossolos Litólicos Eutróficos aparecem no primeiro trecho, a direita do Marrecas, em área bastante ondulada, próximos ao Distrito de Irerê e depois novamente no trecho final, agora a esquerda e a direita do Marrecas, contudo, desta vez, em área de topografia mais suave.

Esses solos são originados de derrames basálticos apresentando como principais limitações a rochosidade e o relevo acentuado. São terrenos mais jovens, com perfil raso, isto é, espessura normalmente inferior a 40 cm São também, no caso da microbacia, as áreas com restrições à ocupação antrópica.

Por apresentarem os horizontes O e A quase sempre diretamente sobre a rocha consolidada (R), foram os locais onde os testes de campo, se mostraram quase sempre inviáveis.

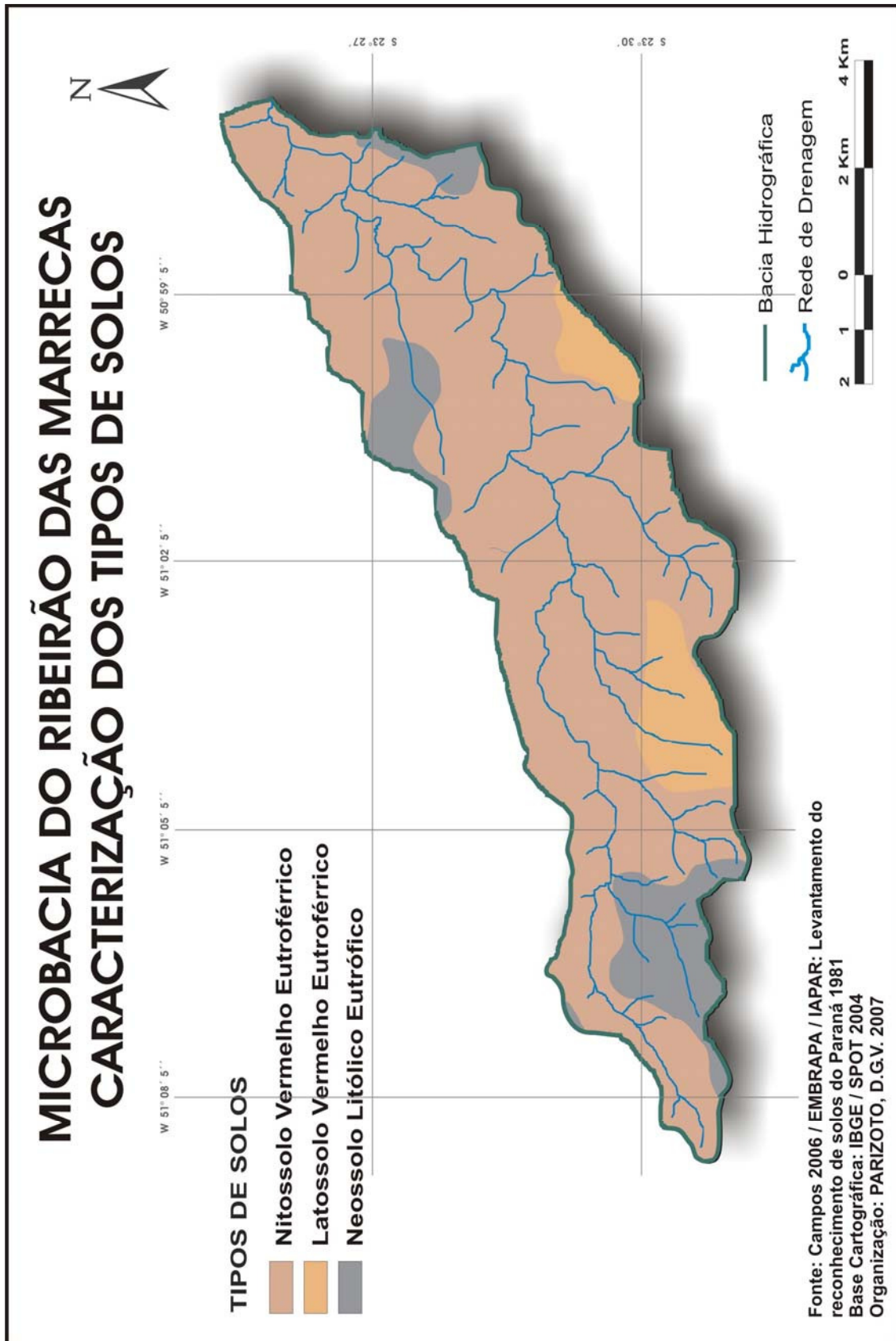
Esse tipo de solo se faz presente em 11,29% da área total da microbacia e por suas características recebe o índice 5 na análise de fragilidade.

(Tabela 3)

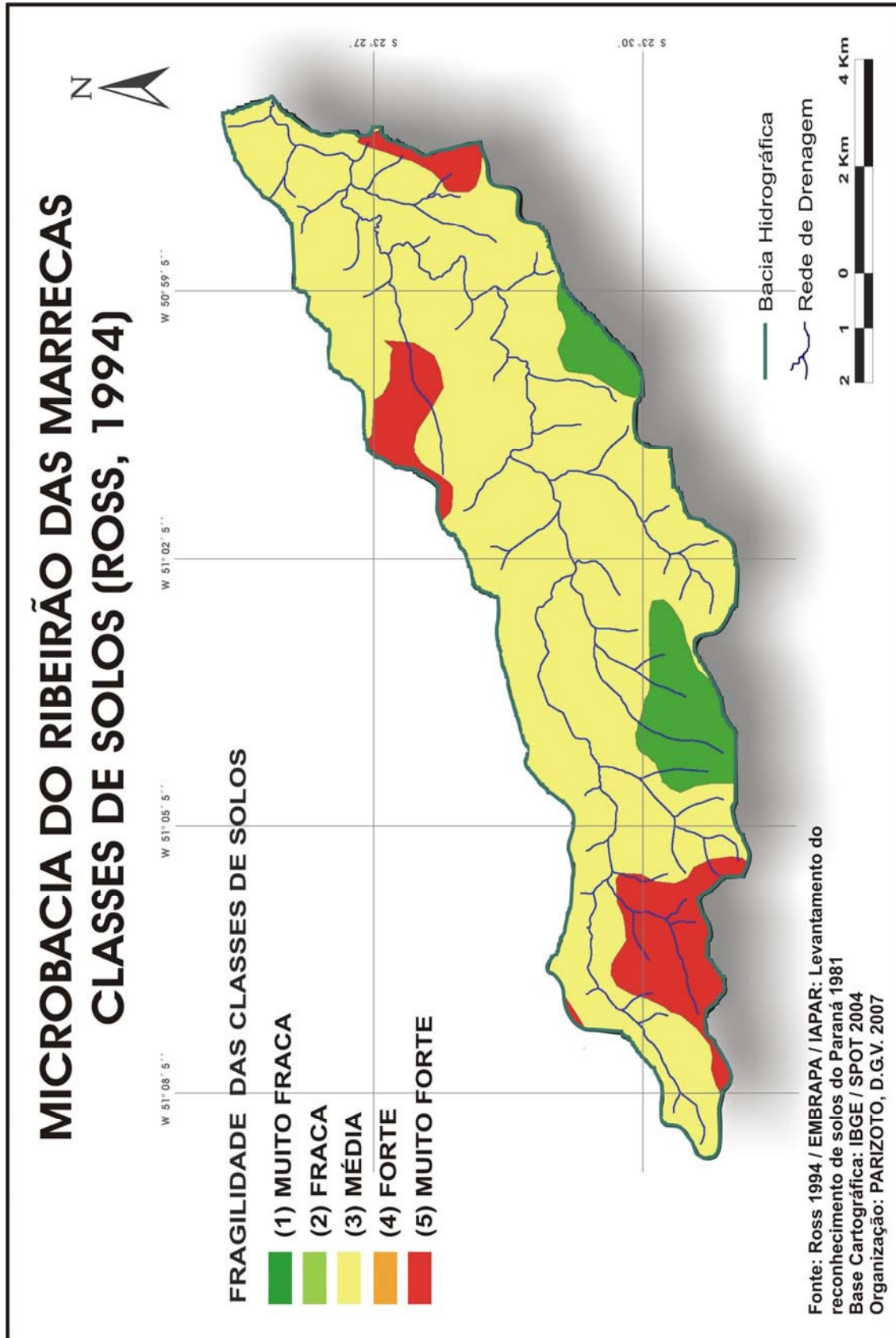
Tabela 3 – Distribuição dos tipos de solos da microbacia do Ribeirão das Marrecas

TIPO DE SOLO	SIGLA	FRAGILIDADE	% NA MICROBACIA	ÁREA	
				km ²	ha
Neossolo Vermelho Eutrófico	NVef	3	80,92	58,60	5860,79
Latosolo Vermelho Eutrófico	LVef	1	7,78	5,64	563,63
Neossolos Litólicos Eutróficos	RLe	5	11,29	8,18	817,84
Totais				72,42 km ²	7.242,26

Fonte: EMBRAPA – Tabulações realizadas pelo autor.



Mapa 13 – Carta de solos

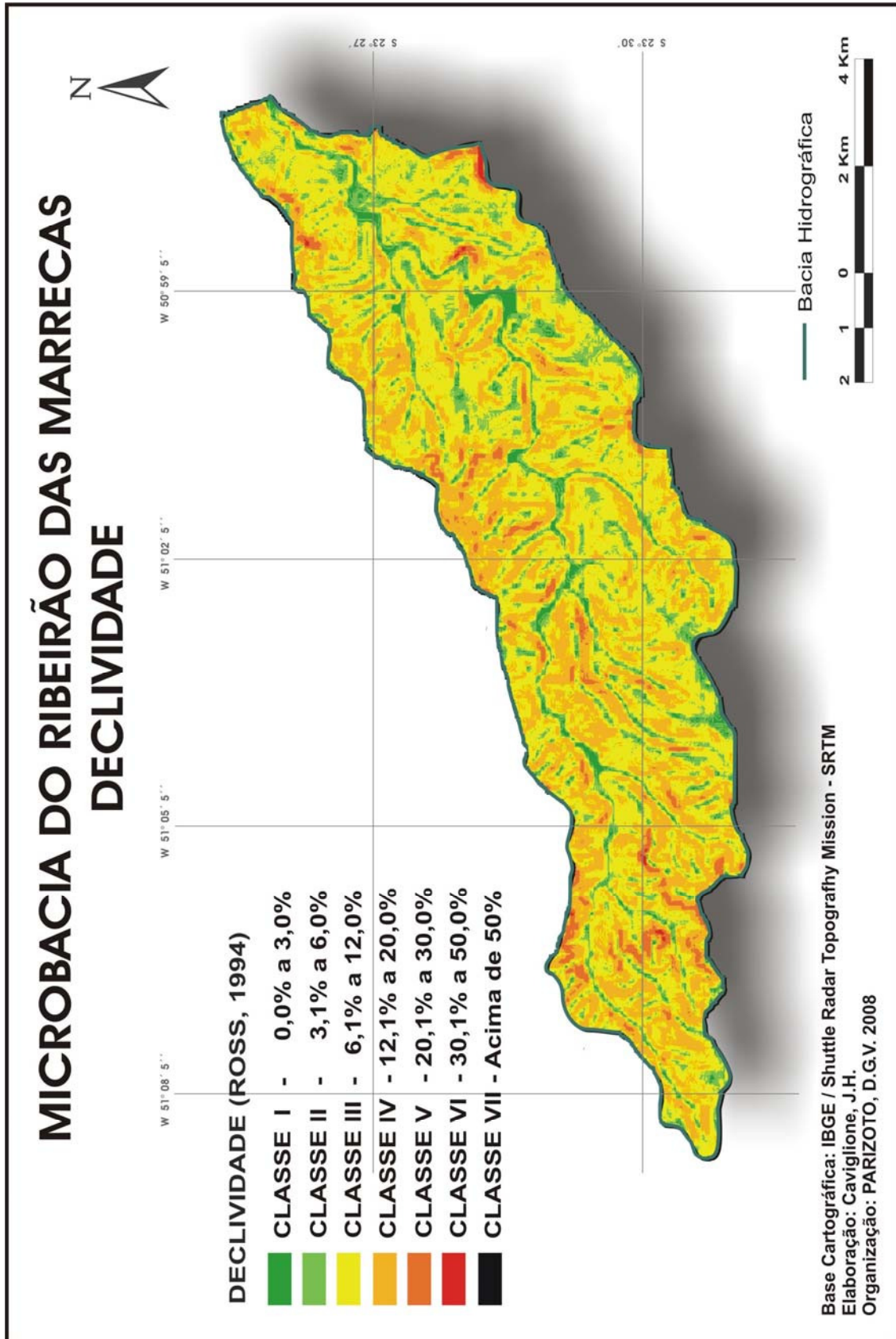


Mapa 14 – Classes de fragilidade dos solos

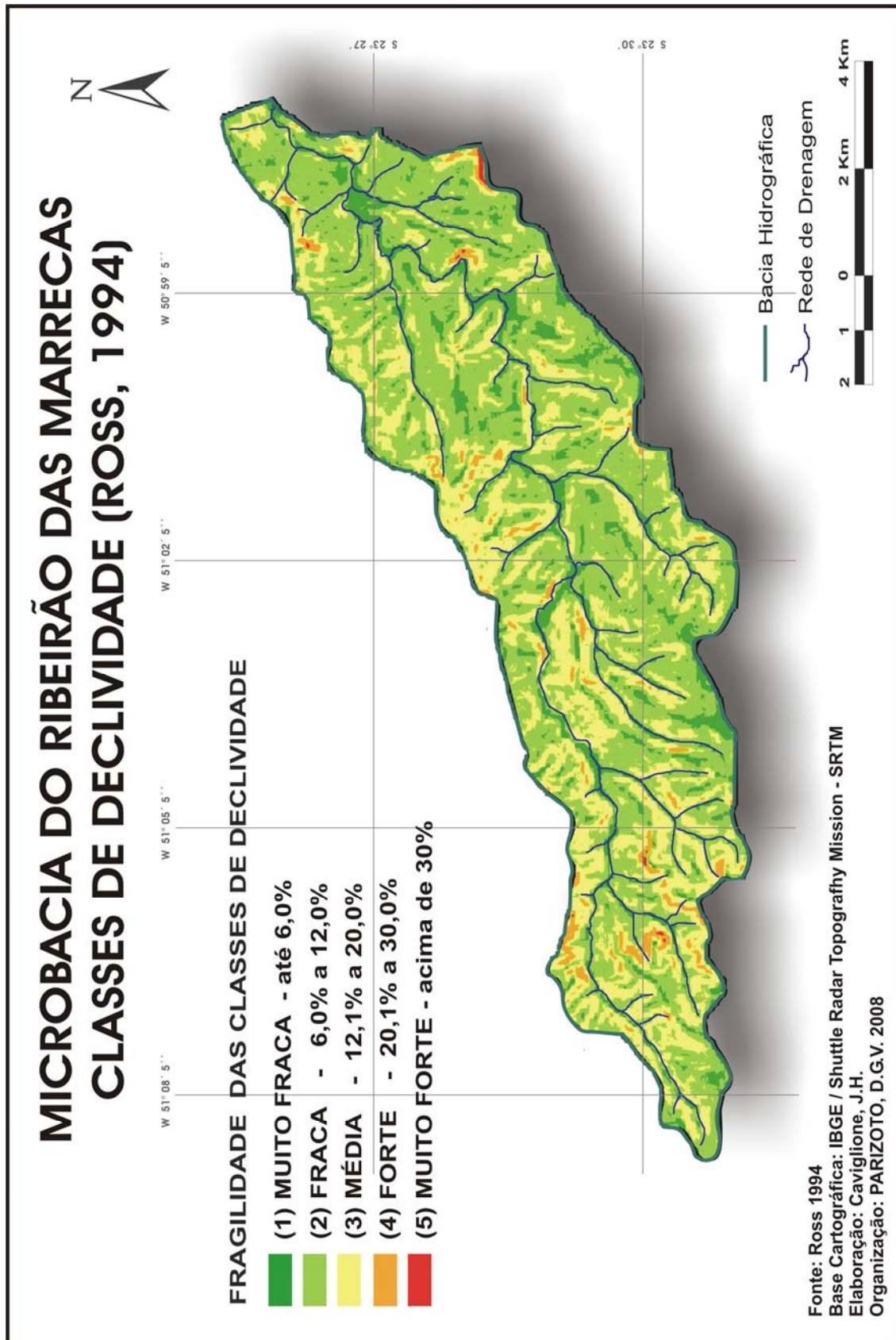
5.1.5 Carta de declividade e classes de declividade

O mapeamento da declividade permite a visualização da distribuição das inclinações da superfície do terreno assim como o grau de inclinação e a direção do fluxo do escoamento, sendo um importante elemento na análise do balanço de retirada e deposição de materiais. Quanto maior a declividade, mais rapidamente a energia potencial das águas se transforma em energia cinética, aumentando a velocidade e a sua capacidade de transporte, responsável pelos processos erosivos que modelam as formas do relevo.

Sabe-se que algumas medidas são comumente utilizadas para organização das classes de declividade, como por exemplo, o valor de 12% como limite máximo do emprego da mecanização na agricultura e o valor de 30% como limite máximo, de acordo com a Lei 6766/79, para urbanização sem restrições (DE BIASI, 2008). Contudo, para esse trabalho, foram seguidos os intervalos descritos por Ross (1994) os quais são normatizados e aplicados no Brasil pela EMBRAPA, pelo IBGE e outros mais. Os intervalos, menor que 3%, 3% a 6%, 6% a 12%, 12% a 20%, 20% a 30%, 30% a 50% e maior que 50%, são intervalos já consagrados nos estudos de capacidade de uso e aptidão agrícola, indicando valores críticos da geotecnia no que se referem ao vigor dos processos erosivos, riscos de deslizamentos, inundações freqüentes etc. Por fim, como já foi citado em capítulo anterior, sendo até 6% classes muito baixas e acima de 30% classes muito fortes, Ross agrupou as sete classes em cinco para que essas se equiparassem as classes de fragilidades propostas. (Mapas 15 e 16)



Mapa 15 – Carta de declividade



Mapa 16 – Carta de classes de declividade

Analisada as declividades da microbacia constatou-se que as classes com declividades muito fracas, de até 6% e fracas, de 6 a 12%, predominam em todos os compartimentos da microbacia. Essas classes correspondem respectivamente a 11,17km² (15,43% da área da microbacia) e 36,58km² (50,51%).

A classe compreendida entre 12 a 20% desenvolve-se próximo aos canais de drenagem e muitas vezes estão associadas com as áreas de rupturas de declive. Esta classe também é encontrada no entorno das cabeceiras de drenagem e corresponde a 22,26km² (30,73%). Já as classes que respondem pela declividade de 20 a 30% e acima de 30% são verificadas em pontos isolados nos três compartimentos da microbacia e somam apenas 2,30km² (3,17%) e 0,11km² (0,16%). (Tabela 4)

Tabela 4 – Classes de declividade da microbacia do Ribeirão das Marrecas

DECLIVIDADE %	FRAGILIDADE	% NA MICROBACIA	ÁREA	
			km ²	ha
até 6%	1	15,43	11,17	1.117,36
6 a 12%	2	50,51	36,58	3.658,31
12 a 20%	3	30,73	22,26	2.225,84
20 a 30%	4	3,17	2,30	229,51
acima 30	5	0,16	0,11	11,24
Totais			72,42 km ²	7.242,26 ha

Tabulações realizadas pelo autor.

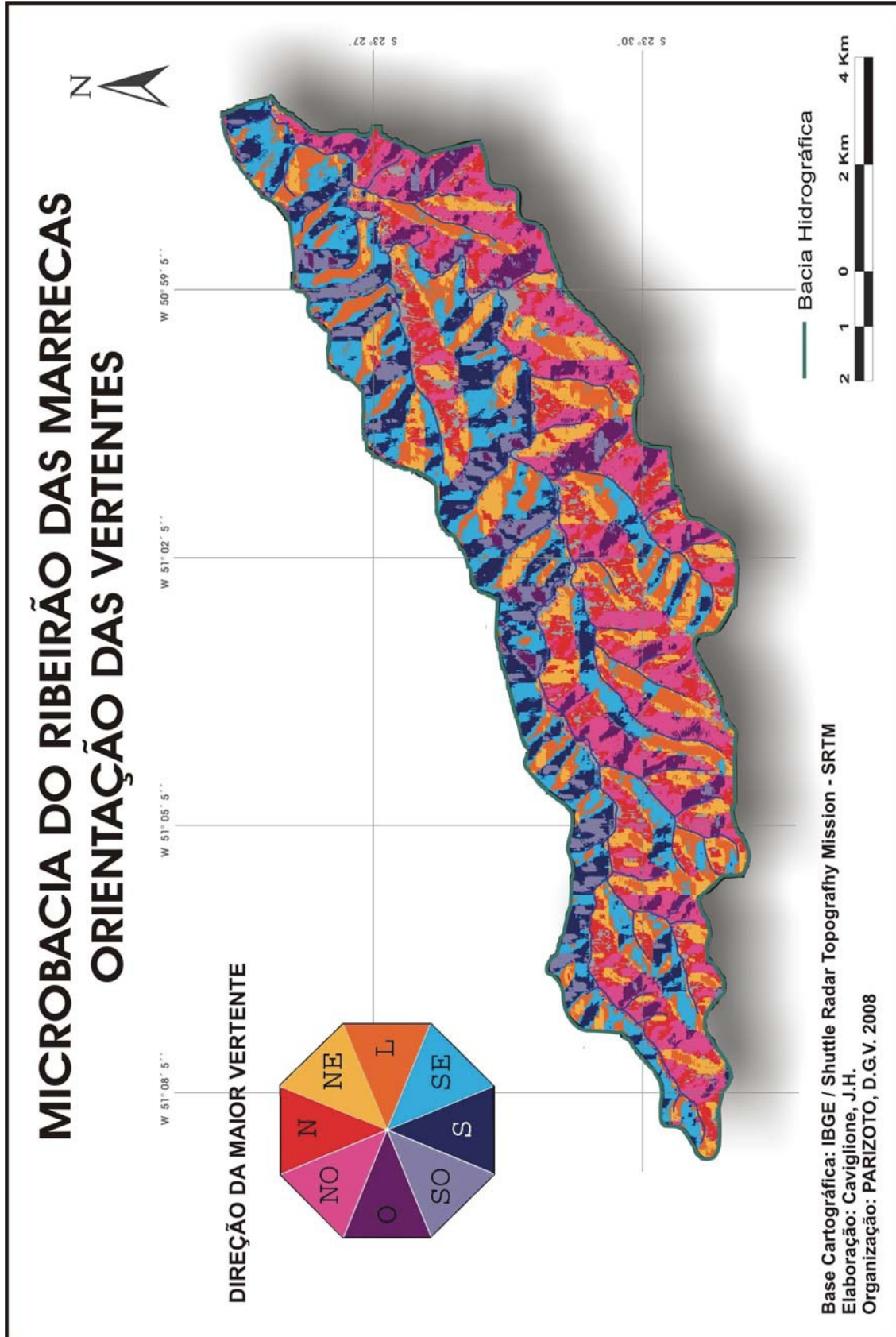
A elaboração desse produto cartográfico foi de grande importância para esse estudo, uma vez que a verificação dos setores do relevo com maiores porcentagens de declividade permite identificar as áreas mais propensas à fragilidade do relevo/solo. Por fim essa carta é o principal componente do cruzamento de dados para a confecção da carta de fragilidade.

5.1.6 Carta de orientação das vertentes

O mapa de orientação das vertentes representa a direção da vertente com maior declividade. Esse produto cartográfico é básico para os estudos hidrológicos, especialmente para a definição dos limites da bacia hidrográfica (e sub-bacias). Ela oferece ainda uma visão tridimensional da bacia, definindo a direção os fluxos de escoamento superficial e a formação dos cursos d'água.

A carta gerada apresenta um forte predomínio da direção Noroeste das vertentes situadas à margem direita do canal principal e das direções Sul e Sudoeste na margem esquerda. A constatação tem direta relação com o desenvolvimento do canal principal, que tem a maior parte do seu percurso orientado para o Nordeste, assim como praticamente todos os seus afluentes da margem direita. (Mapa 17)

Outra função significativa é a capacidade de sugestão que esse produto tem de indicar as melhores formas de uso e ocupação da terra, uma vez que a direção das vertentes determina a incidência de luz ao longo do dia, interferindo diretamente na temperatura geral, médias e máximas da microbacia e o consumo de água (evapotranspiração). Como foi visto em Mendonça e Danni-Oliveira (2007) a entrada das frentes frias no Estado do Paraná, em geral, vem do Sul e Sudeste. Essa peculiaridade, em conjunto com os ângulos da incidência da luz, pode ser sentida especialmente no inverno quando as encostas com face Norte apresentam-se mais quentes do que as com face voltada para o Sul, determinando inclusive o menor ou maior risco da ocorrência de geada.



Mapa 17 – Carta de orientação das vertentes

5.1.7 Carta de uso da terra, carta de classes de uso e carta de cobertura vegetal em áreas de proteção permanente

O termo uso da terra tem sido utilizado para indicar a ocupação antrópica de uma área. Seu planejamento deve ser entendido e realizado por meio de técnicas que proporcionem a sustentabilidade das atividades produtivas, assegurando o equilíbrio ambiental da área envolvida, assim como todo o conjunto sistêmico: as águas, o ar e a vida.

A utilização inadequada da terra é uma das causas principais de baixo rendimento das atividades agrícolas, provocando o esgotamento desse recurso e ocasionando conseqüências aos ambientes, como por exemplo, o assoreamento dos canais e a perda das espécies biológicas constituintes.

Lepsch (2002) escreve que é necessário identificar o melhor e mais adequado sistema de uso da terra que garanta uma produção agrícola sustentada no tempo e compatível com uma boa qualidade ambiental.

Segundo Freire (1995), o uso da terra é um dos fatores que influenciam a quantidade de perdas de material do solo. Se as limitações de uso são observadas, as perdas podem se tornar inaceitáveis, mesmo se houver a aplicação de práticas intensivas de controle à erosão, pois existem solos que podem ser utilizados com a grande parte das atividades humanas, enquanto que outros apresentam fortes limitações de uso.

Sendo assim é de comum entendimento que a adequação do uso da terra é realizada através tanto da identificação de áreas que apresentam forte degradação quanto as que estão em processo de degradação potencial.

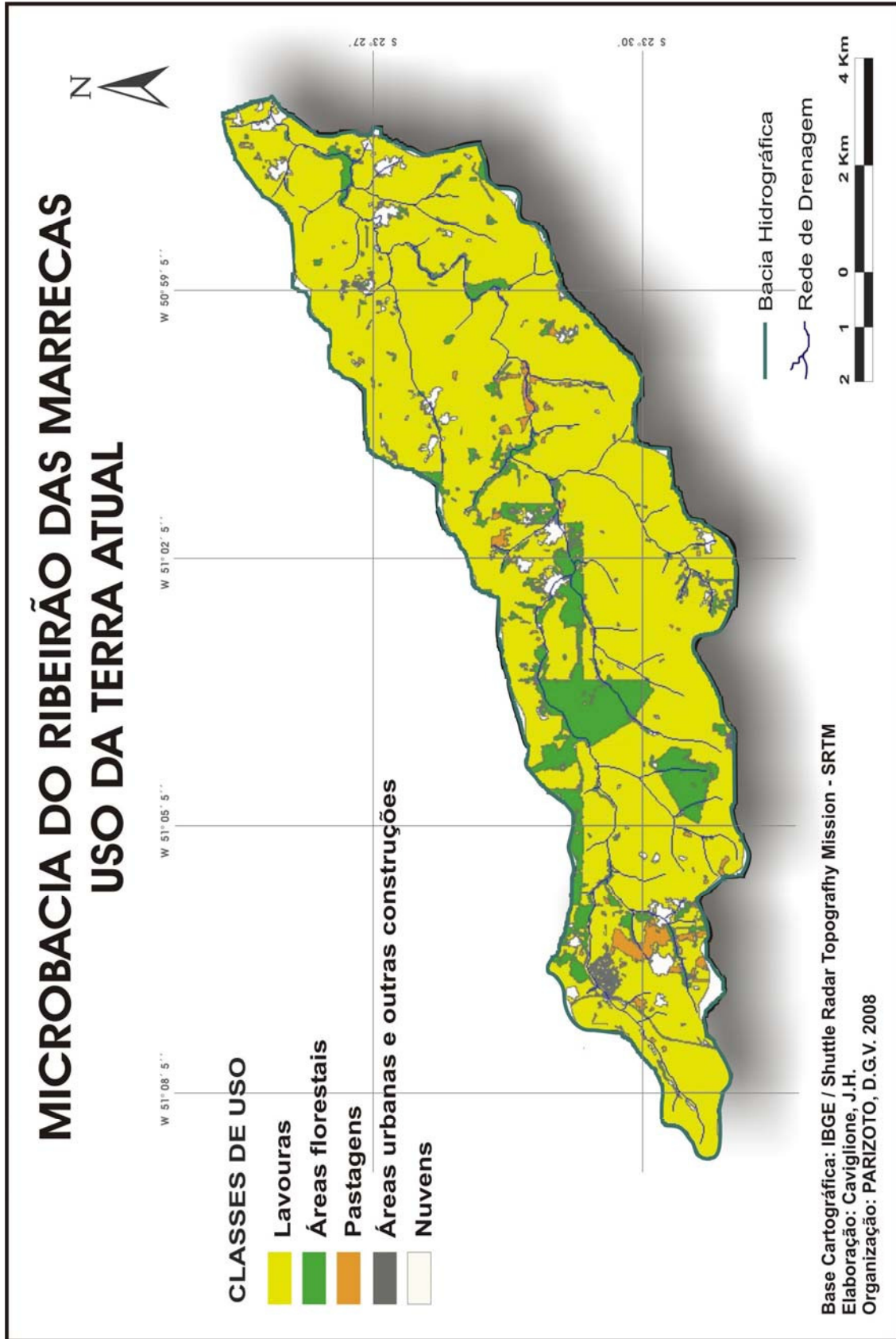
As cartas produzidas e apresentadas nesta etapa confirmaram as observações iniciais demonstrando a intensa utilização da microbacia para as atividades agrícolas. Conforme o detalhamento obtido pela imagem de satélite, foram determinados quatro agrupamentos para uso: 1º. lavoura, 2º. áreas florestais, 3º. pastagens, 4º. áreas urbanas e/ou outras construções. Uma última categoria que aparece na carta de uso da terra não se refere ao uso, mas à cobertura de nuvens no instante da produção da imagem do satélite. (Mapa 18)

Estas categorias de uso foram propostas com o objetivo de diferenciar o grau de proteção que cada uma destas proporcionam ao solo. Utilizou-se então, a classificação qualitativa proposta por Ross (1994), de acordo com o grau de proteção oferecido para então se efetuar um novo agrupamento evidenciando agora as cinco classes de fragilidade de acordo com o uso. (Tabela 5 e Mapa 19)

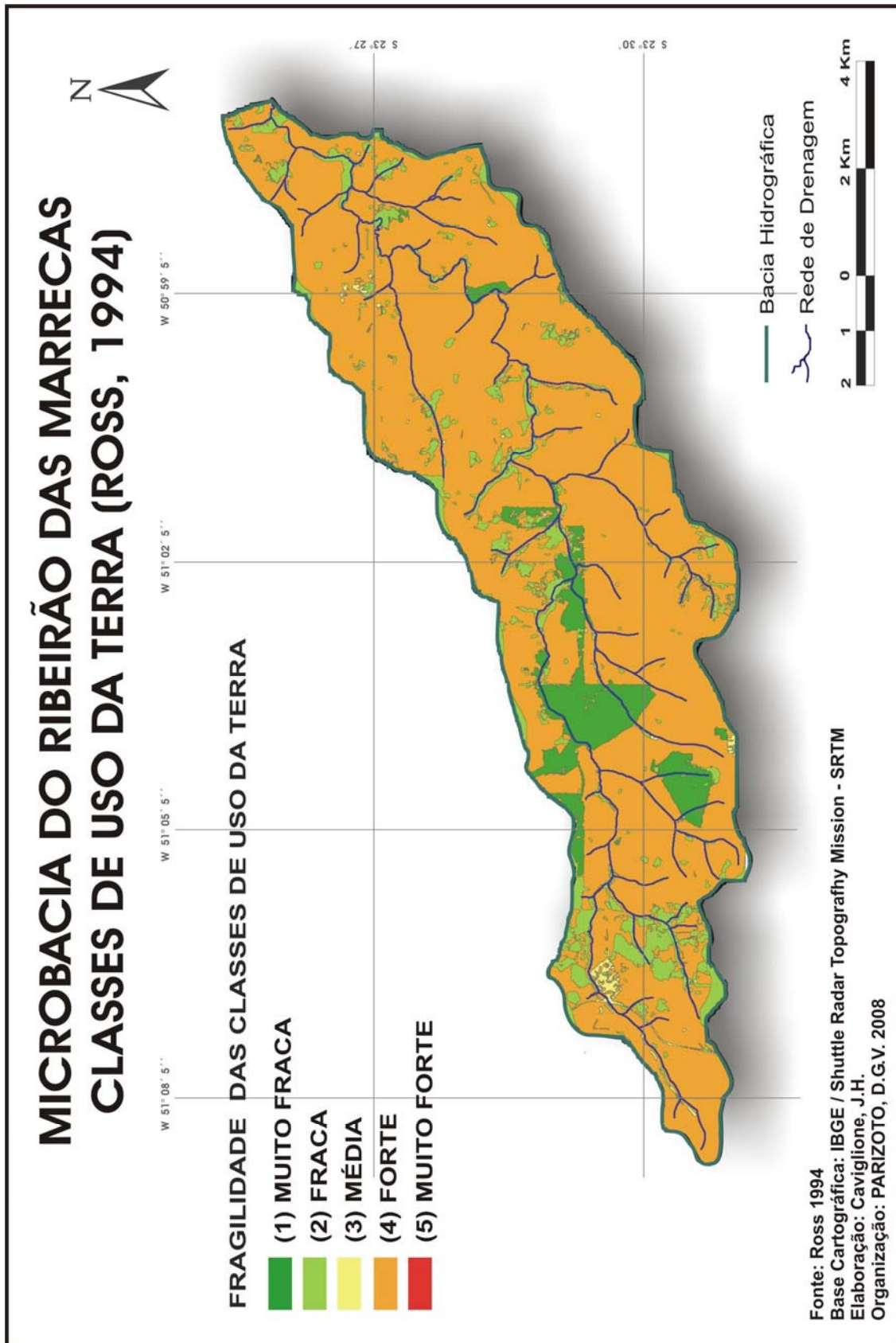
Tabela 5 – Classes de uso da microbacia do Ribeirão das Marrecas

USO	FRAGILIDADE	% NA MICROBACIA	ÁREA	
			km2	ha
Matae Naturais	1	6,45%	4,67	467,41
Matae secundárias pastagens e nuvens	2	9,86%	7,14	713,76
Culturas de ciclo longo e área urbana	3	0,70%	0,51	50,69
Culturas de ciclo curto em curvas de nível	4	82,99%	60,10	6.010,41
Culturas sem práticas conservacionistas	5	-	-	-
		Totais	72,42 km2	7.242,26 ha

Tabulações realizadas pelo autor.



Mapa 18 – Carta de uso atual da terra



Mapa 19 – Carta classes de uso da terra

Os resultados se mostram preocupantes visto que quase 83% da área apresenta uma fragilidade, no que se refere ao uso, classificada como forte.

É oportuno lembrar que pela qualificação de Ross, as áreas constantes na carta base como solo exposto, poderiam ser classificadas como muito forte. Todavia, pelo conhecimento da característica de uso e da sazonalidade dos ciclos de cultivo, optou-se por considerar as referidas áreas presentes na imagem do satélite como áreas de cultivo de ciclo curto em curva de nível.

Mesmo assim, numa análise mais criteriosa influenciada pela regularidade dos trabalhos de campo, é impossível deixar de observar que é justamente nesses períodos em que o solo fica exposto, aguardando o crescimento das culturas que se torna mais vulnerável às forças erosivas. (Fotos 19 e 20)

Nesse mesmo sentido, observações não menos inquietantes são feitas quanto aos números que representam as menores classes de fragilidade. As consideradas como muito fraca e fraca somam pouco mais que 16% da área da microbacia e se encontram concentradas em poucas manchas de mata nativa na porção central da microbacia. A Mata Ciliar, importante e obrigatória se faz ausente no entorno da maior parte dos canais. (Fotos 21 e 22)

A Mata Ciliar, também é conhecida como Mata de Galeria, Mata de Várzea ou Vegetação Ripária é a formação vegetal localizada nas margens dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes. Considerada pelo Código Florestal Federal como Área de Preservação Permanente (APP), tem no Artigo 2.º da Lei nº.

4.771, de setembro de 1965, parcialmente alterada pela Lei nº. 7.803, de julho de 1989, as regras para sua manutenção mínima.

São trechos de interesse direto deste trabalho:

Art. 1º., Parágrafo único - As ações ou omissões contrárias às disposições deste Código na utilização e exploração das florestas são consideradas uso nocivo da propriedade.

Art. 2º. - Consideram-se de preservação permanente, pelo só efeito desta Lei, as florestas e demais formas de vegetação natural situadas:

a) ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água desde o seu nível mais alto em faixa marginal cuja largura mínima seja:

1) de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2) de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3) de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4) de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 500 (quinhentos) metros de largura;

5) de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

b) ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou artificiais;

c) nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados olhos d'água, qualquer que seja a sua situação topográfica, num raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura.

Art. 3º. - Consideram-se, ainda, de preservação permanente, quando assim declaradas por ato do Poder Público, as florestas e demais formas de vegetação natural destinadas: a) a atenuar a erosão das terras (GUERRA; BOTELHO, 1998 e MATA CILIAR, 2008)

Essa vegetação possibilita que as espécies, tanto da flora, quanto da fauna, possam se deslocar, reproduzir e garantir a biodiversidade da região e que sua presença ao longo dos canais também é uma proteção natural contra o assoreamento e que sem ela a erosão das margens transporta os materiais para dentro dos rios, tornando-os turvos e dificultando a entrada da luz solar necessária a vida aquática. Sua ausência faz com que a água da chuva escoe sobre a superfície, não permitindo sua infiltração e armazenamento no lençol freático e mesmo a sua redução já pode provocar o aparecimento de pragas e doenças (MATA CILIAR, 2008).

O Ribeirão das Marrecas tem porte reduzido, sendo que a maior largura de quase todo o leito do canal não ultrapassa os 4 metros, exceto apenas em pequenas represas artificiais. O levantamento da totalidade dos canais, somados as áreas de nascente, indicou a necessidade de 5,40 Km² de Mata Ciliar, apenas para cumprir a Lei das APPs. No entanto o processamento da imagem SPOT de 2004 revelou a existência de apenas 1,3 Km² de vegetação nativa dentro da APP, o que corresponde a 24,03% da necessidade mínima. (Mapa 20 e Fotos 23 e 24)



Foto 19 – Solo exposto durante entressafra com o Marrecas ao fundo.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 20 – Escorrimento no leito da estrada após 15min. de chuva.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 21 – Estrada cortando área de mata nativa.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



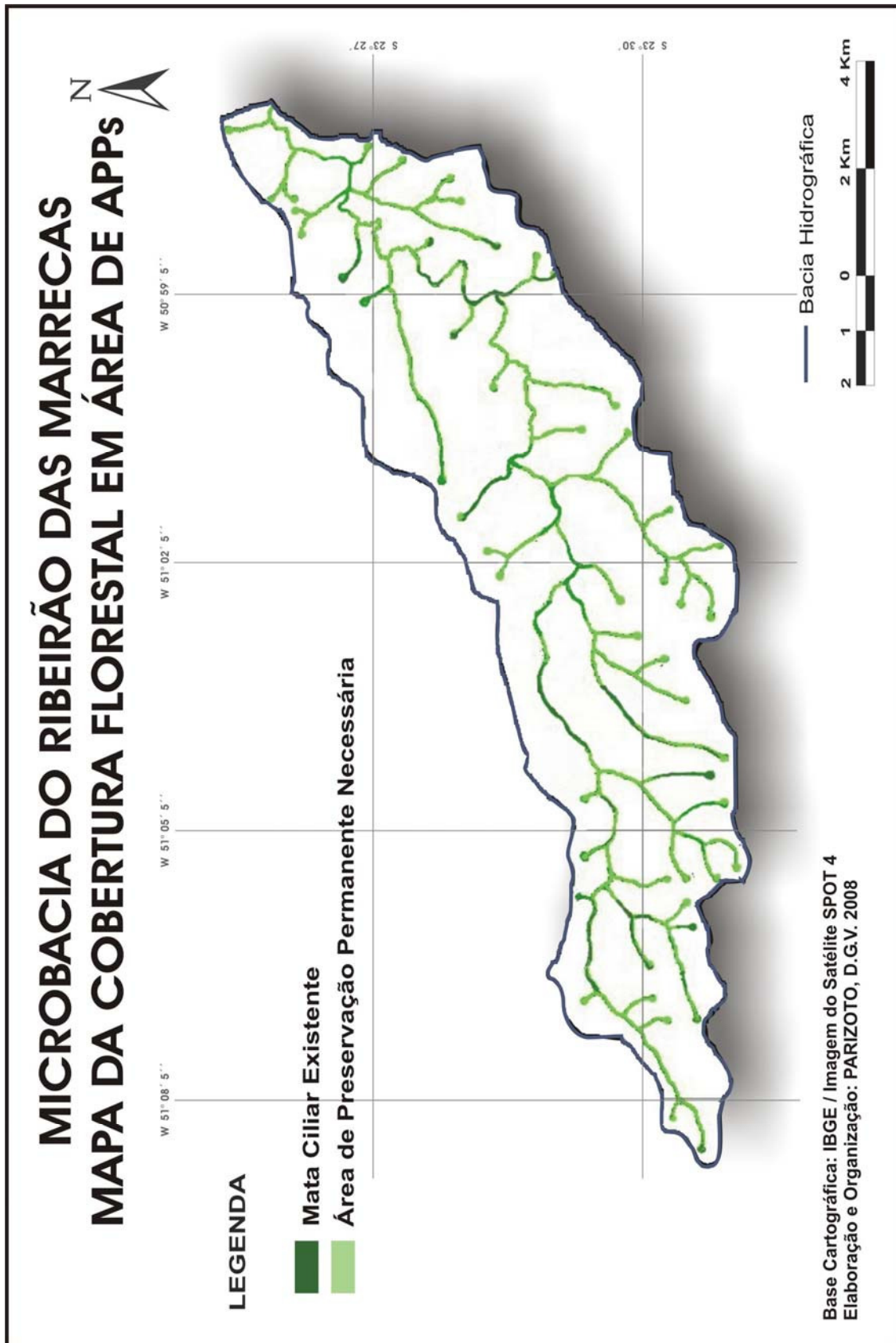
Foto 22 – Leito demarcado do Marrecas desprovido de Mata Ciliar.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 23 – Leito do Marrecas.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 24 – Leito demarcado do Marrecas com Mata Ciliar.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Mapa 20 – Carta da cobertura vegetal em APPs

5.1.8 Carta de pluviosidade

Esta carta foi resultado da compilação de dados climatológicos fornecidos pelo IAPAR e pela Prefeitura Municipal de Londrina.

Foram analisados os dados de temperatura e precipitação da estação meteorológica Código 02351003, localizada na latitude 23°22' Sul, e longitude 51°10' Oeste, administrada pelo IAPAR, juntamente com os diversos mapas fornecidos pela prefeitura. Através desses dados foi também possível elaborar os três climatogramas apresentados neste trabalho, o da página 87 e os seguintes, que apresentam as médias registradas no ano de 2007 (Figura 13) e 2007/início de 2008 (Figura 14), período em que ocorreu a maior parte do desenvolvimento deste trabalho.

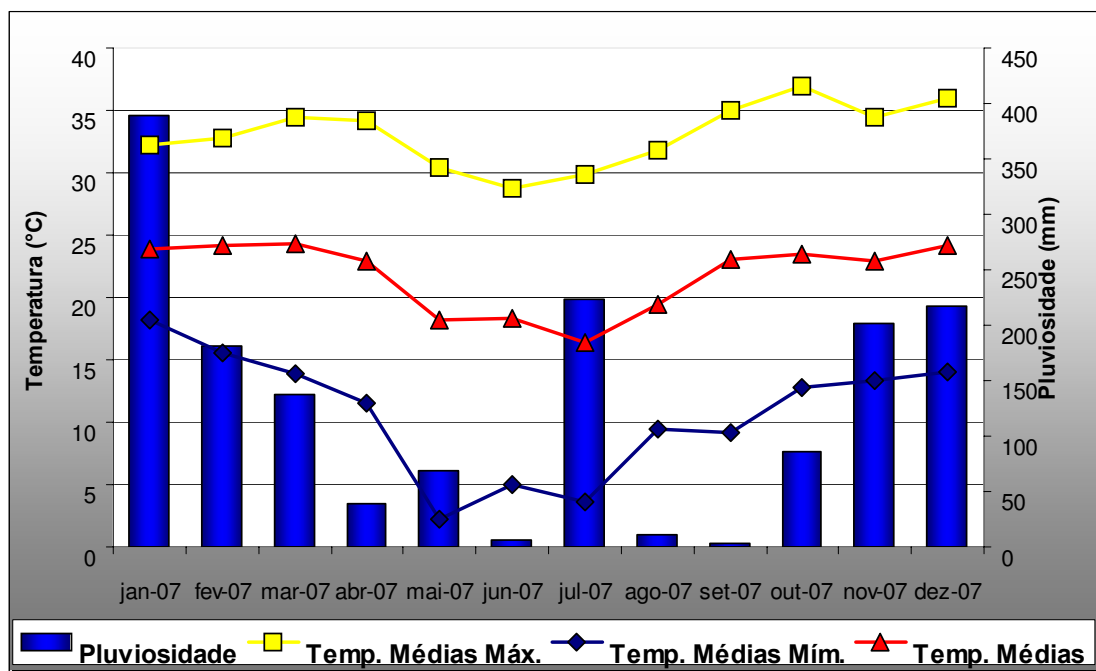


Figura 13 – Média pluviométrica e térmica da região da microbacia do Ribeirão das Marrecas, no ano de 2007.

Fonte: IAPAR.

Org. PARIZOTO, 2008

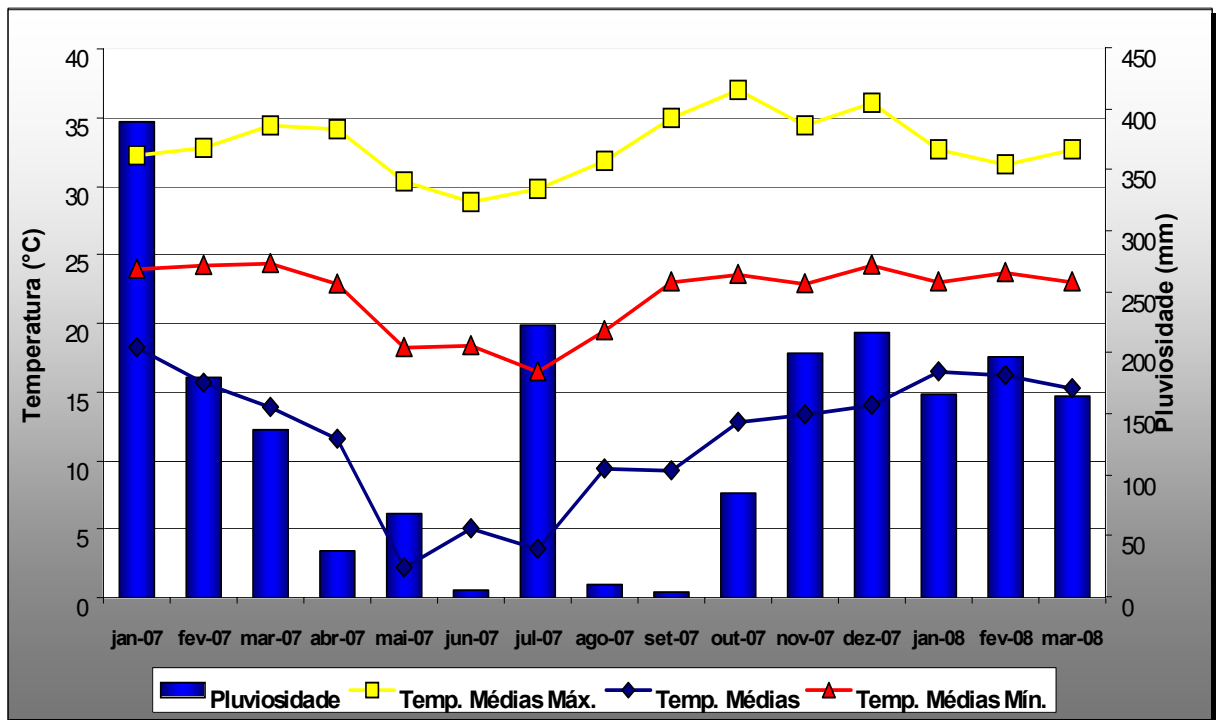


Figura 14 – Média pluviométrica e térmica da região da microbacia do Ribeirão das Marrecas, no ano de 2007 e início de 2008.

Fonte: IAPAR.
Org. PARIZOTO, 2008

Os gráficos das figuras 13 e 14 se diferenciam do apresentado na figura 6, pois evidenciam três períodos distintos na concentração das chuvas ao longo do ano.

Enquanto que as médias pluviométricas ao longo dos 32 anos produzem uma clara concentração das chuvas no início e no final do ano, os dados colhidos ao longo de 2007 e nos primeiros meses de 2008 apontaram para um período maior de chuvas em janeiro (389,7mm), fevereiro (180,8mm) e março (138,2mm), um outro período de chuvas em novembro (201,1mm) e dezembro (217,4mm) e também um pico de chuvas em julho (223mm). (Tabela 6)

Ainda assim, apesar, deste fato, os meses de inverno mantiveram as médias mais baixas no que se refere à precipitação, com os meses de junho (6,4mm), agosto (10,8mm) e setembro (3,9mm) apresentando índices bem inferiores à média histórica.

Tabela 6 – Média térmica e pluviométrica da região da microbacia no ano de 2007 e início de 2008, com destaque para os meses em que foram realizados a maior parte dos trabalhos de campo

PERÍODO	T MÁX °C	T MÍN °C	T MÉDIA °C	PLUV mm
Janeiro – 2007	32,2	18,2	24,0	389,7
Fevereiro – 2007	32,8	15,6	24,2	180,8
Março – 2007	34,4	13,9	24,3	138,2
Abril – 2007	34,2	11,5	22,9	38,8
Mai – 2007	30,4	2,2	18,2	69,3
Junho – 2007	28,8	5	18,4	6,4
Julho – 2007	29,8	3,6	16,4	223
Agosto – 2007	31,8	9,4	19,5	10,8
Setembro – 2007	35	9,2	23,0	3,9
Outubro – 2007	37	12,8	23,5	86,2
Novembro – 2007	34,4	13,4	22,9	201,1
Dezembro – 2007	36	14	24,2	217,4
Janeiro – 2008	32,6	16,4	23,0	167,3
Fevereiro – 2008	31,6	16,2	23,6	196,7
Março – 2008	32,6	15,2	23,0	165,2

Fonte: IAPAR - Tabulações realizadas pelo autor.

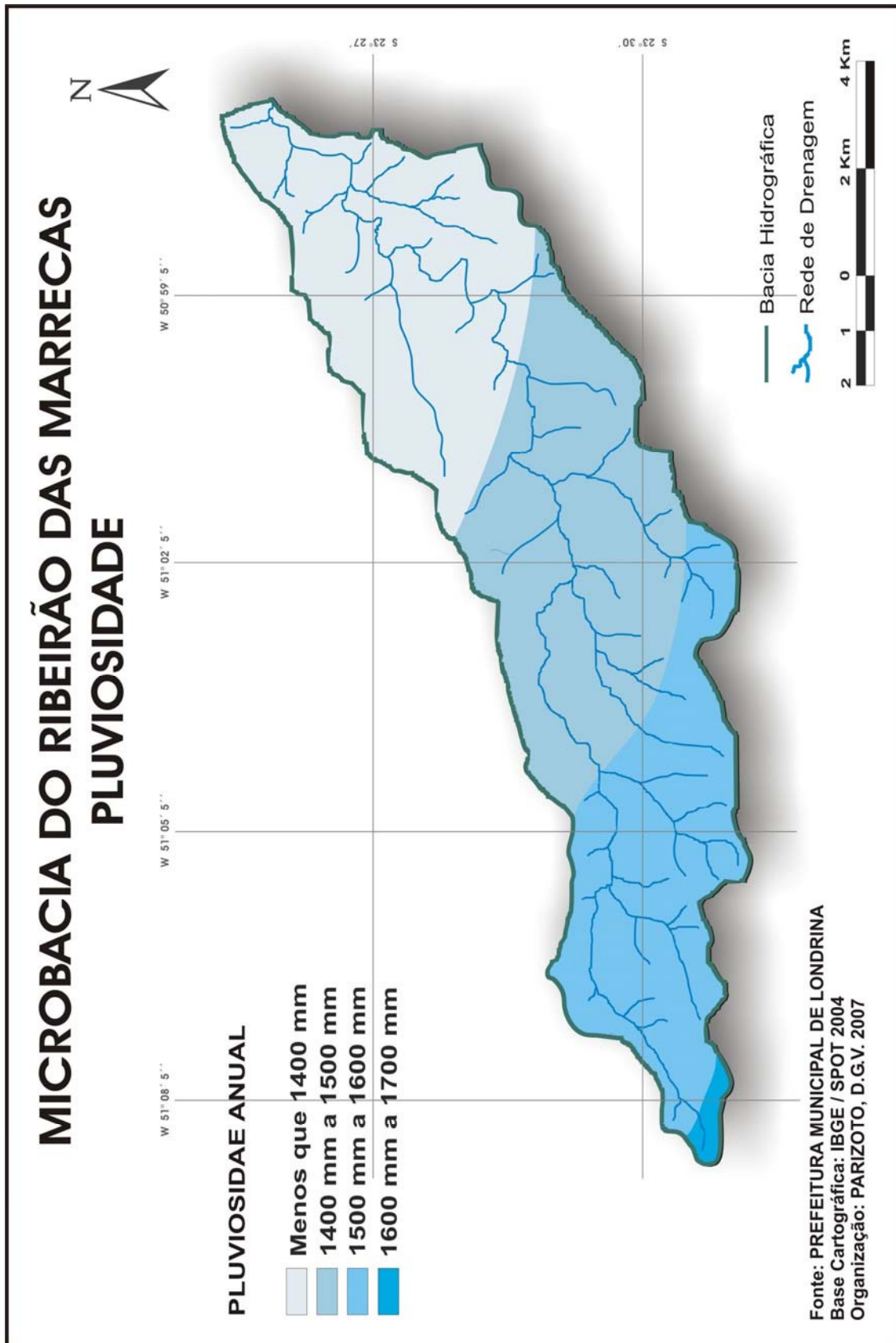
Com a integração dos dados numéricos com os mapas existentes pode-se evidenciar a irregularidade expressiva do ritmo hidrológico da microbacia, com um período característico de carência de precipitações correspondendo ao inverno, quando normalmente, devido ao pouco volume de água ocorreriam as menos significantes alterações morfogênicas na microbacia.

No entanto, é justamente nesta época em que o solo encontra-se menos protegido pela cobertura vegetal que se pode observar, mesmo que por poucas vezes, a ocorrência de precipitações maiores, desencadeando expressivos processos de erosão.

Como se sabe as chuvas são o principal fator climático que exerce influência sobre a erosão mecânica dos solos e quanto maior a intensidade de precipitações, maior a perda de solos por erosão. O volume e a intensidade das precipitações associadas à concentração em alguns meses do ano são fatores decisivos para os processos erosivos.

Por fim, os índices pluviométricos médios anuais apresentaram pouca variação, tanto ao longo da distribuição espacial da microbacia, variando entre pouco menos que 1.400mm/ano na porção mais a Leste e pouco mais que 1.600mm/ano na porção mais a Oeste, quanto ao longo do tempo cronológico: quando a análise foi feita na média histórica chegou-se ao valor de 1.587,7mm/ano, contra 1.565,6mm/ano para o período de 2007. (Mapa 21)

Sendo assim, pode-se considerar que pelo volume de chuvas anuais, associado ao comportamento de sua distribuição anual, a área em estudo apresenta médio potencial de erosividade. No contexto da análise das classes de fragilidade, segundo os modelos propostos por Ross (1994), a microbacia recebeu então, para toda sua área, o grau 3.



Mapa 21 – Carta de pluviosidade

5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS TRABALHOS DE CAMPO

Foram selecionados 32 pontos, distribuídos pelos 3 compartimentos identificados ao longo da microbacia conforme o mapa 12, da página 130. O critério para a distribuição dos pontos fundamentou-se na tentativa de contemplar uma significativa variedade de características físicas da área como tipo de solo, declividade e uso da terra. Os trabalhos de campo foram realizados entre os dias 28 de Julho de 2007 e 6 de abril de 2008. As datas dos experimentos aconteceram alguns dias após um período de chuvas, buscando-se desta forma realizar os ensaios em condições de solo úmido. (Tabela 7)

Tabela 7 – Data dos trabalhos de campo e pluviosidade nos dias anteriores.

DIA DA COLETA	DADOS DE 5 DIAS DE CHUVAS ANTERIORES À COLETA		DIA DA COLETA	DADOS DE 5 DIAS DE CHUVAS ANTERIORES À COLETA	
	Dia	mm		Dia	mm
28/07/2007 (0,0mm)	23/7/2007	41.8	22/12/2007 (0.0mm) 21/12/2007 (0.0mm) 25/12/2007 (0,0mm)	18/12/2007	0
	24/7/2007	1.2		19/12/2007	62.2
	25/7/2007	54.8		20/12/2007	1.2
	26/7/2007	0		21/12/2007	0.6
	27/7/2007	0		22/12/2007	0
2/9/2007 (0.0mm) 1/9/2007 (0.0mm) 05/09/2007 (0,0mm)	29/8/2007	8.9	22/02/2008 (0.0mm) 24/02/2008	18/2/2008	0
	30/8/2007	0.4		19/2/2008	1
	31/8/2007	0		20/2/2008	4
	1/9/2007	0		21/2/2008	24.2
19/10/2007 (0.4mm) 20/10/2007 (0,0mm)	2/9/2007	0	06/3/2008	22/2/2008	0.3
	14/10/2007	0		1/3/2008	15.8
	15/10/2007	27.4		2/3/2008	0
	16/10/2007	0.3		3/3/2008	0
	17/10/2007	0		4/3/2008	0
18/10/2007	0		5/3/2008	0	

Tabulações realizadas pelo autor.

5.2.1 Os ensaios com o penetrômetro

Segundo Stolf (1991), penetrômetros são aparelhos destinados a determinar a resistência do meio no qual penetram por meio de aplicação de uma força e que permitem a obtenção de um valor quantitativo na cota inspecionada.

Esses aparelhos têm sido usados em trabalhos geomorfológicos para obtenção de dados de forma direta, em campo, devido à facilidade de uso e o baixo custo (ROSS, 1997).

Os testes de RP - Resistência à Penetração, na agricultura, servem para medir o grau de resistência que os solos úmidos, mas não saturados de água, oferecem à penetração. Os dados obtidos podem ser trabalhados com métodos estatísticos simples tabulados em planilhas e gráficos que evidenciem as diferenças entre os resultados das medições de um mesmo lugar/ponto e as diferenças entre os vários lugares/pontos (ROSS; FIERZ, 2005).

A próxima tabela apresenta os dados obtidos em cada um dos 32 pontos, assim como o seu respectivo uso, o valor da umidade do solo no momento da coleta, obtida através dos procedimentos laboratoriais descritos na página 121 e as duas séries de dados dos dois diferentes modelos de penetrômetros utilizados. Os dados estão distribuídos de acordo com as profundidades de 0+10cm, 0+20cm e 0+30cm, da penetração nas paredes das trincheiras. (Tabela 8)

Tabela 8 – Uso da terra, umidade e valores de resistência do solo à penetração determinada com os dois modelos de penetrômetros.

Ponto	Uso da terra	Umid (%)	RP - Penetrômetro de Rolon (leitura direta em Kgf/cm ²)			RP - Penetrômetro de Anal Dinamométrico (valores convertidos para kgf/cm ²)		
			10cm	20cm	30cm	10cm	20cm	30cm
1	Pastagem	18.5	1.0	1.8	2.5	0.8	2.7	3.6
2	Solo exposto	18.0	1.0	2.5	3.5	0.9	2.3	3.2
3	Lavoura	14.3	0.5	1.8	2.5	1.0	3.4	4.0
4	Lavoura	15.5	0.5	2.5	3.0	0.8	2.7	3.6
5	Pastagem	15.2	1.0	2.0	2.8	2.3	3.6	4.8
6	Lavoura	14.3	1.0	2.5	3.5	1.4	3.0	4.0
7	Lavoura	15.7	2.0	3.5	4.0	2.3	4.0	4.9
8	Floresta	20.8	0.0	0.5	1.5	0.0	0.8	1.7
9	Floresta	20.1	0.3	0.5	1.8	0.4	1.1	1.9
10	Pastagem	14.6	2.0	3.0	3.5	2.7	3.6	4.4
11	Floresta	22.4	0.0	0.3	0.3	0.0	0.5	0.6
12	Pastagem	20.0	1.0	1.5	2.0	1.2	1.8	2.3
13	Lavoura	19.6	0.0	0.5	1.5	0.0	0.8	1.9
14	Pastagem	20.2	1.5	2.0	3.0	1.9	2.3	3.4
15	Lavoura	20.3	0.0	1.8	2.8	0.5	2.5	4.2
16	Lavoura	19.1	0.5	1.3	2.0	0.4	2.8	2.4
17	Lavoura	20.1	0.5	1.8	2.0	0.6	2.0	2.3
18	Lavoura	19.4	0.0	0.8	2.3	0.0	1.1	2.4
19	Floresta	20.0	0.0	0.5	0.5	0.0	1.0	1.2
20	Lavoura	19.9	0.5	0.8	1.3	0.8	1.3	2.2
21	Floresta	21.2	0.0	0.5	0.8	0.0	1.2	1.6
22	Lavoura	20.1	0.5	0.5	1.0	0.8	1.1	1.5
23	Lavoura	20.9	0.0	0.5	0.8	0.4	0.8	1.2
24	Lavoura	18.0	1.0	1.8	2.3	1.4	2.1	2.7
25	Lavoura	17.7	1.0	2.0	2.5	1.5	2.4	3.0
26	Lavoura	18.5	0.8	1.5	2.0	1.2	3.0	3.8
27	Lavoura	18.1	0.5	0.8	1.0	0.6	0.8	1.4
28	Solo exposto	16.4	1.5	2.5	3.0	1.9	3.0	3.5
29	Lavoura	17.7	1.0	2.3	2.8	1.3	2.9	3.4
30	Lavoura	18.7	1.5	2.5	2.8	1.8	3.4	4.6
31	Solo exposto	17.3	1.5	2.0	2.8	1.6	3.2	4.2
32	Lavoura	16.8	1.5	2.3	3.0	1.9	3.0	3.4

Tabulações realizadas pelo autor.

Os dois modelos de penetrômetro utilizados durante este trabalho são do tipo estático, isto é, para a tomada de medição todo o conjunto é pressionado contra o solo e os valores são registrados no próprio aparelho. Outros modelos, como os dinâmicos funcionam em decorrência do impacto de um peso que cai em queda livre, de uma altura pré-definida e constante (STOLF, 1991).

Os dois apresentaram grandes correlações entre si. Também são correlatas as técnicas de utilização. Os dois foram utilizados na parede lateral das trincheiras, em pontos variados. Durante os testes, o modelo de penetrômetro de bolso apresentou certa vantagem, pois requer uma menor escavação para que possa ser utilizado e proporciona a leitura em kgf/cm^2 diretamente no próprio aparelho. Os dois são de fácil transporte e armazenagem sendo a leitura dos dados igualmente simples (PARIZOTO; STIPP, 2008).

Os resultados obtidos pelos dois modelos de penetrômetros demonstram que os dados do segundo modelo, o Penetrômetro de Anel Dinamométrico, quando convertidos na mesma unidade que os dados do Penetrômetro de Bolso, apresentam relações diretas entre si, embora ligeiramente superior, ocasionado pelo formato (cônico) e pela maior área da ponteira de penetração, o que somados ao conjunto do aparelho confere uma maior precisão dos dados obtidos. Em simulação, onde a equação de conversão foi substituída pela conversão direta através do gráfico de calibração, essas diferenças praticamente desapareciam.

No que se referem à distribuição, os pontos no Compartimento I contemplaram dois tipos diferentes de solo. Os pontos P1 e P5, por exemplo, foram tomados no Nitossolo Vermelho Eutroférico com cobertura de pastagem, enquanto os testes que foram realizados nos pontos P3 e P15 aconteceram no Neossolo Litólico Eutrófico e estavam sob culturas recém formadas de milho.

No Compartimento II a totalidade dos pontos escolhidos situava-se no mesmo tipo de solo, o Nitossolo Vermelho Eutroférico, mas em diferentes

formas de ocupação. Como exemplo, os pontos P19 e P21 foram marcados em formação florestal original, enquanto que os pontos P20 e P22, em cultivo de soja.

No Compartimento III buscou-se novamente contemplar pontos no Neossolo Litólico Eutrófico coberto com lavoura de grande cobertura e proteção do solo, como por exemplo, um milharal bem formado nos pontos P29 e P30. Também neste compartimento, em Nitossolo Vermelho Eutroférico, fez-se o maior número de pontos em solo exposto e solo com culturas em início de crescimento, como por exemplo, os pontos P26 com milho novo, o P27 com soja e P28 e o P31 com solo desnudo (após colheita de soja).

Em uma análise global dos 32 pontos, 5 foram estavam situados em formação florestal (15,6%); 1 ponto em horta (3,1%); 18 pontos em lavoura (56,3%); 5 pontos em pastagem (15,6%) e finalmente 3 pontos em solo exposto (9,4%). Para análises estatísticas, o ponto tomado em horta foi agrupado com os de solo exposto, devida à baixa cobertura do solo, na ocasião do teste. (Tabela 9)

Tabela 9 – Frequência dos pontos em relação ao uso da terra.

USO DA TERRA	FREQÜÊNCIA	%
Floresta	5	15.6
Horta	1	3.1
Lavoura	18	56.3
Pastagem	5	15.6
Solo Exposto	3	9.4
Total	32	100.0

Tabulações realizadas pelo autor.

Sinteticamente pode-se tomar o número total de pontos registrados nos dois modelos para evidenciar a correlação entre eles. (Tabela 10)

Tabela 10 – Valores mínimos e máximos de RP do total de pontos

MODELO - PROFUNDIDADE (cm)	N	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
P. Bolso - 10	32	0.0	2.0	0.75	0.612
P. Bolso - 20	32	0.25	3.5	1.5781	0.87630
P. Bolso - 30	32	0.3	4.0	2.203	0.9618
P. Anel - 10	32	0.0	2.7	1.011	0.7641
P. Anel - 20	32	0.5	4.0	2.200	1.0449
P. Anel - 30	32	0.6	4.9	2.919	1.1819

Tabulações realizadas pelo autor.

Em uma análise comparativa, os valores obtidos nos pontos com cobertura de pastagem (pontos 1, 5, 10, 12 e 14) e solo exposto (pontos 2, 13, 28 e 31) apresentaram os maiores valores de RP no primeiro e segundo perfil, o perfil superficial de 10cm e o intermediário de 20cm, quando comparados aos demais tipos de uso. No 3º. perfil, o marcado em 30cm, essa diferença sofre uma pequena redução na maioria dos pontos analisados. (Tabelas 11 e 12)

Tabela 11 – Valores mínimos e máximos de RP dos pontos em pastagem

MODELO - PROFUNDIDADE (cm)	N	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
P. Bolso - 10	5	1.0	2.0	1.30	0.447
P. Bolso - 20	5	1.5	3.0	2.050	0.57009
P. Bolso - 30	5	2.0	3.5	2.750	0.5590
P. Anel - 10	5	0.8	2.7	1.770	0.7716
P. Anel - 20	5	1.8	3.6	2.815	0.8161
P. Anel - 30	5	2.3	4.8	3.709	0.9694

Tabulações realizadas pelo autor.

Tabela 12 – Valores mínimos e máximos de RP dos pontos em solo exposto

MODELO - PROFUNDIDADE (cm)	N	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
P. Bolso - 10	4	0.0	2.0	1.00	0.707
P. Bolso - 20	4	0.50	2.50	1.8750	0.94648
P. Bolso - 30	4	1.5	3.5	2.688	0.8509
P. Anel - 10	4	0.0	1.9	1.110	0.8403
P. Anel - 20	4	0.8	3.2	2.323	1.1093
P. Anel - 30	4	1.9	4.2	3.194	0.9524

Tabulações realizadas pelo autor.

Uma análise particular pode ser feita no ponto 15 onde a coleta de dados se deu diretamente sobre área de trânsito de máquinas e veículos que atravessam o campo cultivado para, por exemplo, efetuar a colheita e o transporte. Esse ponto, em situação de alta umidade ocasionada por recente período de chuva, apresentou um baixo grau de compactação no perfil de 10cm, mas um elevado valor nos perfis de 20cm e 30cm.

Os pontos tomados em áreas de lavoura apresentaram os valores médios de RP e também os mais amplos. O maior número de pontos e a maior diversificação nas datas dos testes, determinantes para a variação da umidade, assim como a sazonalidade das culturas, foram fatores fundamentais para essa maior distribuição dos resultados (Tabela 13).

Tabela 13 – Valores mínimos e máximos de RP dos pontos em lavoura

MODELO – PROFUNDIDADE (cm)	N	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
P. Bolso - 10	18	0.0	2.0	0.74	0.546
P. Bolso - 20	18	0.5	3.5	1.6944	0.82940
P. Bolso - 30	18	0.8	4.0	2.292	0.8797
P. Anel - 10	18	0.0	2.3	1.035	0.6085
P. Anel - 20	18	0.8	4.0	2.361	0.9807
P. Anel - 30	18	1.2	4.9	3.059	1.1003

Tabulações realizadas pelo autor.

As áreas de formação vegetal florestal (pontos 8, 9, 11, 19, e 21) foram os pontos que apresentaram os menores índices de RP. Nesses locais o solo se apresenta com farta cobertura húmica e mesmo em períodos de maior estiagem as camadas apresentaram altos níveis de umidade. As raízes, presentes em abundância, mantém a boa desagregação do material, deixando o solo

descompactado, facilitando a penetração da haste do penetrômetro e conseqüentemente indicando baixos valores de RP. (Tabela 14)

Tabela 14 – Valores mínimos e máximos de RP dos pontos em floresta

MODELO – PROFUNDIDADE (cm)	N	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
P. Bolso - 10	5	0.0	0.0	0.05	0.112
P. Bolso - 20	5	0.25	0.50	0.4500	0.11180
P. Bolso - 30	5	0.3	1.8	0.950	0.6471
P. Anel - 10	5	0.0	0.4	0.088	0.1694
P. Anel - 20	5	0.5	1.2	0.906	0.2954
P. Anel - 30	5	0.6	1.9	1.406	0.5043

Tabulações realizadas pelo autor.

Para a área em estudo o uso do solo e a sua forma de manejo, com o emprego de maquinários para aragem, semeadura, colheita e transporte, é uma atividade que, além de provocar a compactação gerando impedimentos mecânicos logo abaixo das camadas movimentadas, também provoca a pulverização das camadas superiores deixando-as mais susceptíveis ao processo de erosão.

Finalmente, os dados de RP deram origem a uma classificação baseada no modelo de Caputo e Vargas apresentados em Rodrigues (2000), onde se estabelece classes de resistência à penetração em função da fragilidade.

Para servir de suporte às classes determinadas anteriormente neste trabalho, de declividade, solo, uso da terra e pluviosidade, foi estabelecido o valor: menor que 0,5 kgf/cm² para representar a classes com menor resistência e conseqüentemente muito baixa fragilidade; 0,5 a 1,0 kgf/cm² para baixa fragilidade; 1,0 a 2,0 kgf/cm² para média, 2,0 a 3,0 kgf/cm² para alta e maior que 3,0 kgf/cm²

para muito alta. Essas classes auxiliarão na produção da carta de Fragilidade Potencial. (Tabela 15)

Tabela 15 – Classes de Fragilidades em função da resistência à penetração.

RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO EM kgf/cm ²	CLASSES
menor que 0,5	1 (Muito Fraca)
0,5 a 1,0	2 (Fraca)
1,0 a 2,0	3 (Média)
2,0 a 3,0	4 (Forte)
Maior que 3,0	5 (Muito Forte)

Fonte: Rodrigues (2000). Adaptação: Parizoto (2008)

5.2.2 Os ensaios com o infiltrômetro

Dados correlatos puderam ser encontrados com testes de infiltração. Os pontos que apresentaram maior RP foram os pontos que apresentaram menor índice de infiltração, ou seja, maior resistência á infiltração da água.

Segundo Coelho Neto (2001), são duas as forças que devem ser consideradas no entendimento da infiltração: a primeira refere-se a força gravitacional que direciona a água verticalmente no perfil; a segunda é a resistência da capilaridade que aumenta a medida que os poros vão se tornando cada vez menores, o que claramente acontece com o avanço da compactação do solo.

Os processos de infiltração resultam das relações entre os mecanismos de entrada na superfície do solo, de estocagem dentro do solo e de

transmissão de umidade. Quando a disponibilidade de água ultrapassa a capacidade de infiltração do solo, a água que escoar sob a superfície pode, em determinados tipos de solo e uso, provocar intensos processos erosivos.

Como já foi visto a região onde se encontra microbacia do Ribeirão da Marreca, apesar de apresentar irregularidade na distribuição das chuvas ao longo do ano, possui bons níveis de precipitação. A concentração das chuvas é justamente o fator que eleva o grau de fragilidade da área pois quase sempre as chuvas torrenciais, freqüentes principalmente nos meses de verão, ultrapassam em muito a capacidade de infiltração do solo.

A relação entre a intensidade da chuva e a capacidade de infiltração define a quantidade de água que infiltra. Quando a intensidade da chuva é pequena, a taxa de infiltração é igual à taxa da chuva; porém, quando a intensidade da chuva ultrapassa a capacidade de infiltração, o solo absorve parte da água de acordo com a sua capacidade, e o excedente de precipitação, após preencher as microdepressões do terreno, escoar sobre a superfície em direção aos canais (COELHO NETO, 2001).

Sendo assim, além dos testes de resistências com os penetrômetros, os testes que visam avaliar a capacidade de infiltração tem papel fundamental na determinação da fragilidade ambiental.

A tabela 2 apresenta os valores estimados da infiltração em milímetros, obtidos pelos experimentos, dentro de intervalos de 10 minutos. A quantidade de água infiltrada foi então recalculada e o produto aproximado, para se

obter os valores que ocorreriam em 1 hora, determinando-se assim a taxa de infiltração.

Tabela 16 – Valores da infiltração para cada período de 10 minutos.

PONTO	TAXAS DE INFILTRAÇÃO (mm/h)											
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
1	300	270	270	240	210	210	180	150	150	150	150	150
2	390	300	240	192	150	150	120	120	120	120	120	120
3	540	480	450	300	300	240	180	180	180	180	180	180
4	540	480	360	318	270	240	240	180	180	180	180	180
5	420	300	300	300	240	180	180	180	180	180	180	180
6	480	390	300	300	240	240	180	180	180	180	180	180
7	420	360	240	240	180	150	120	120	120	120	120	120
8	600	480	300	270	270	240	240	180	180	180	180	180
9	600	540	480	480	420	360	300	240	180	180	180	180
10	360	330	270	240	210	210	180	150	120	120	120	120
11	720	600	480	420	300	300	270	240	180	180	180	180
12	300	240	180	180	120	120	90	60	60	60	60	60
13	330	252	210	210	180	180	180	150	150	150	150	150
14	300	240	210	210	210	180	180	150	120	120	120	120
15	240	180	150	150	120	90	60	60	60	30	30	30
16	540	360	300	300	240	210	210	120	120	120	120	120
17	300	240	210	210	180	180	150	120	120	120	90	90
18	360	252	210	210	210	180	180	168	150	150	150	150
19	600	600	300	270	270	270	240	240	240	180	180	180
20	540	420	480	420	300	300	270	210	120	120	120	120
21	720	600	480	480	420	360	360	300	300	240	180	180
22	720	600	360	360	300	330	240	240	180	180	180	180
23	270	180	150	120	120	90	60	60	30	30	30	30
24	600	480	480	450	420	420	360	300	240	240	240	240
25	600	480	390	390	330	240	240	210	210	210	180	180
26	360	300	210	210	180	180	180	120	120	120	120	120
27	360	300	210	180	180	150	150	120	120	120	120	120
28	420	330	240	240	240	180	180	120	120	120	120	120
29	360	240	210	180	180	180	180	120	120	120	120	120
30	360	240	240	210	180	180	150	120	120	120	120	120
31	420	300	240	300	240	210	210	120	120	120	120	120
32	390	300	240	240	180	180	150	150	120	120	90	90

Tabulações realizadas pelo autor.

As próximas tabelas apresentam os resultados obtidos, para o número total de pontos (Tabela 17) e para cada tipo de uso da terra (Tabelas 18, 19, 20 e 21).

Tabela 17 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração do total de pontos

TEMPO DE INFILTRAÇÃO (MINUTOS)	N	VALOR MÍN.	VALOR MÁX.	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
10	32	240	720	451.88	139.664
20	32	180	600	364.50	130.789
30	32	150	480	293.44	104.406
40	32	120	480	275.63	96.265
50	32	120	420	237.19	81.488
60	32	90	420	216.56	76.858
70	32	60	360	194.06	71.068
80	32	60	300	161.81	61.764
90	32	30	300	147.19	54.609
100	32	30	240	142.50	49.383
110	32	30	240	137.81	46.886
120	32	30	240	137.81	46.886

Tabulações realizadas pelo autor.

Os dados organizados em cada tabela deram origem ao gráfico que representa a curva da taxa de infiltração. Os gráficos são instrumentos que facilitam o entendimento do decréscimo das taxas de infiltração no decorrer do teste. (Figuras 15, 16, 17 e 18)

Os pontos tomados em áreas de pastagem (pontos 1, 5, 10, 12 e 14) e solo exposto (pontos 2, 13, 28 e 31) apresentaram as menores taxas de infiltração, tendendo a estabilização dessas taxas já nos tempos de 80 minutos e 90 minutos, respectivamente. A repetição dos valores das taxas de infiltração indica que se atingiu o ponto de saturação. Em pequenas áreas, onde se busca dimensionar a quantidade de água necessária para eficiente processo de irrigação, a literatura que trata do assunto orienta que os testes podem ser interrompidos logo após a terceira repetição do valor da taxa. Para esse trabalho se optou pelo tempo limite de 120min.

Tabela 18 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração dos pontos em pastagem

TEMPO DE INFILTRAÇÃO (MINUTOS)	N	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
10	5	300	420	336.00	53.666
20	5	240	330	276.00	39.115
30	5	180	300	246.00	49.295
40	5	180	300	234.00	44.497
50	5	120	240	198.00	45.497
60	5	120	210	180.00	36.742
70	5	90	180	162.00	40.249
80	5	60	180	138.00	45.497
90	5	60	180	126.00	44.497
100	5	60	180	126.00	44.497
110	5	60	180	126.00	44.497
120	5	60	180	126.00	44.497

Tabulações realizadas pelo autor.

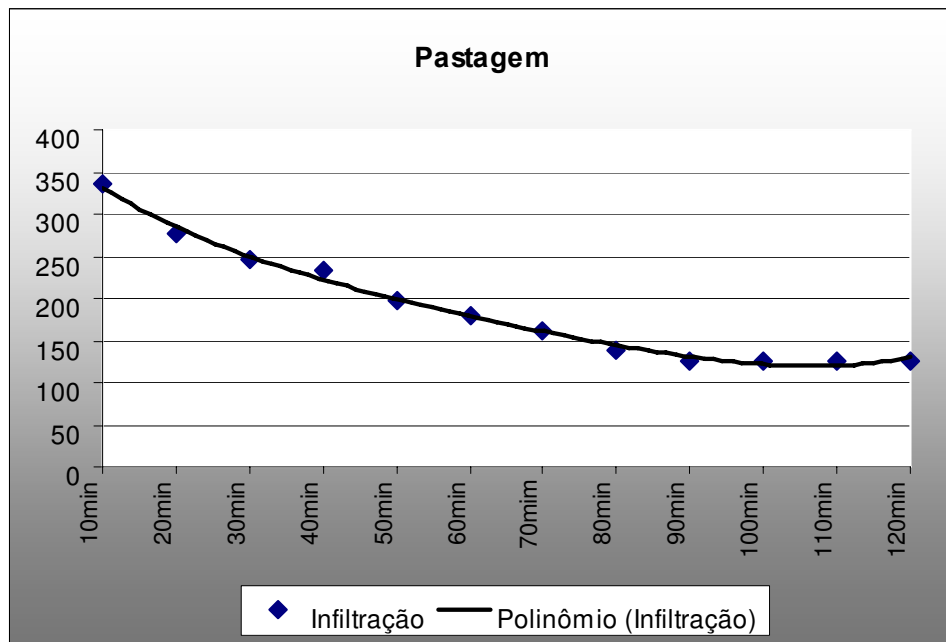


Figura 15 – Média dos valores de infiltração em áreas de pastagem. Org. PARIZOTO, 2008

Tabela 19 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração dos pontos em solo exposto

TEMPO DE INFILTRAÇÃO (MINUTOS)	N	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
10	4	330	420	390.00	42.426
20	4	252	330	295.50	32.265
30	4	210	240	232.50	15.000
40	4	192	300	235.50	47.339
50	4	150	240	202.50	45.000
60	4	150	210	180.00	24.495
70	4	120	210	172.50	37.749
80	4	120	150	127.50	15.000
90	4	120	150	127.50	15.000
100	4	120	150	127.50	15.000
110	4	120	150	127.50	15.000
120	4	120	150	127.50	15.000

Tabulações realizadas pelo autor.

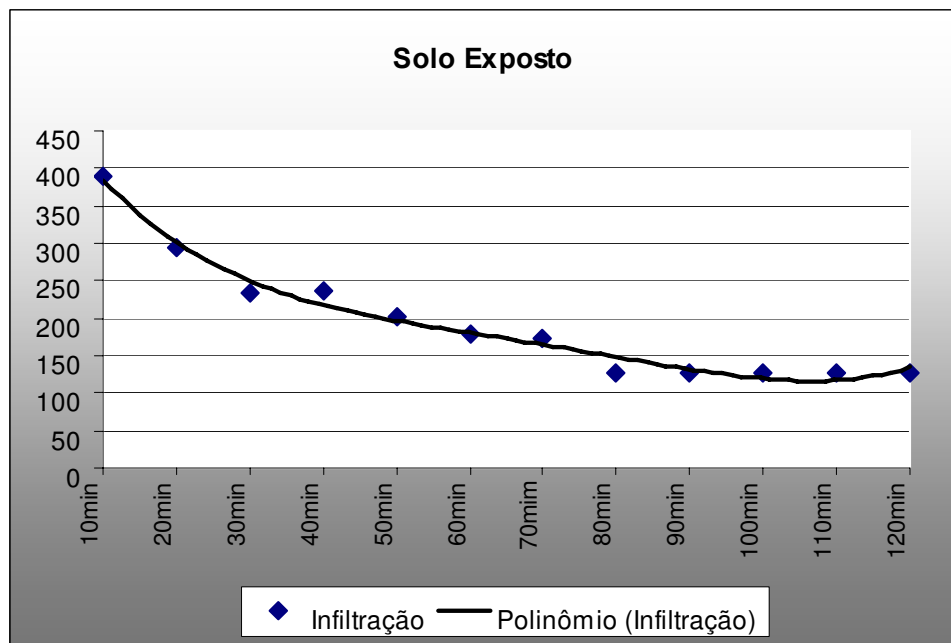


Figura 16 – Média dos valores de infiltração em áreas com solo exposto.
Org. PARIZOTO, 2008

Os pontos em áreas de lavoura apresentaram as maiores amplitudes resultando em uma média relativamente elevada. Contudo o que se pôde observar durante as inúmeras incursões à microbacia realizadas em diversos momentos ao longo do segundo semestre de 2007 e início de 2008, é que devido as características pedológicas da área em estudo, composta por solos de alto teor de argila, a umidade, ou seja, a água presente no solo, no momento do teste, se torna um fator relevante para se estabelecer os diferentes índices de infiltração.

Nos pontos tomados em áreas de formação florestal as taxas de infiltração foram as mais elevadas. Apesar de se apresentarem como pontos onde o solo demonstrou manter os maiores níveis de umidade, o efeito das raízes, da grande presença de material orgânico agregado e da própria presença da fauna escavante, fizeram com que a água penetrasse com extrema facilidade. Nesses pontos o material mais superficial tinha que ser removido antes da instalação dos anéis e em várias ocasiões os testes tiveram que ser interrompidos e os anéis trocados de local, pois se descobria a presença de raízes e tocas que interferiam na regularidade do teste. (Fotos 25 e 26)



Foto 25 – Perfil do solo no local de instalação dos anéis.
Fonte: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 26 – Teste em andamento no ponto 8.
Fonte: Parizoto, D.G.V. (2007).

Tabela 20 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração dos pontos em lavoura

TEMPO DE INFILTRAÇÃO (MINUTOS)	N	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
10	18	240	720	443.33	131.597
20	18	180	600	349.00	120.778
30	18	150	480	288.33	107.498
40	18	120	450	266.00	94.376
50	18	120	420	228.33	78.459
60	18	90	420	210.00	81.023
70	18	60	360	183.33	71.948
80	18	60	300	154.33	60.869
90	18	30	240	138.33	50.556
100	18	30	240	136.67	53.688
110	18	30	240	131.67	53.605
120	18	30	240	131.67	53.605

Tabulações realizadas pelo autor.

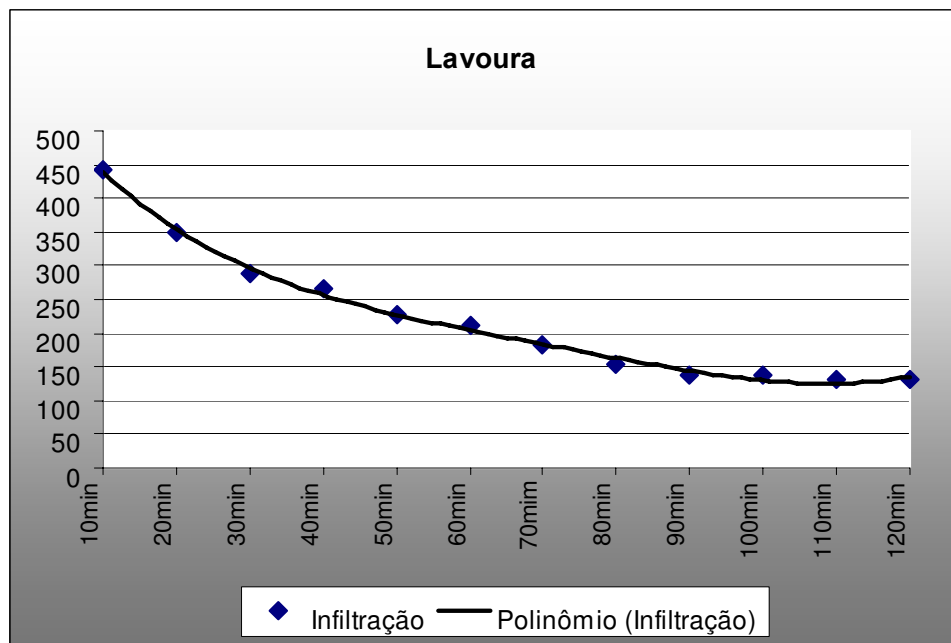


Figura 17 – Média dos valores de infiltração em áreas de lavoura.
Org. PARIZOTO, 2008

Tabela 21 – Valores mínimos e máximos de índices de infiltração dos pontos em floresta

TEMPO DE INFILTRAÇÃO (MINUTOS)	N	VALOR MÍN	VALOR MÁX	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
10	5	600	720	648.00	65.727
20	5	480	600	564.00	53.666
30	5	300	480	408.00	98.590
40	5	270	480	384.00	106.911
50	5	270	420	336.00	77.653
60	5	240	360	306.00	53.666
70	5	240	360	282.00	50.200
80	5	180	300	240.00	42.426
90	5	180	300	216.00	53.666
100	5	180	240	192.00	26.833
110	5	180	180	180.00	.000
120	5	180	180	180.00	.000

Tabulações realizadas pelo autor.

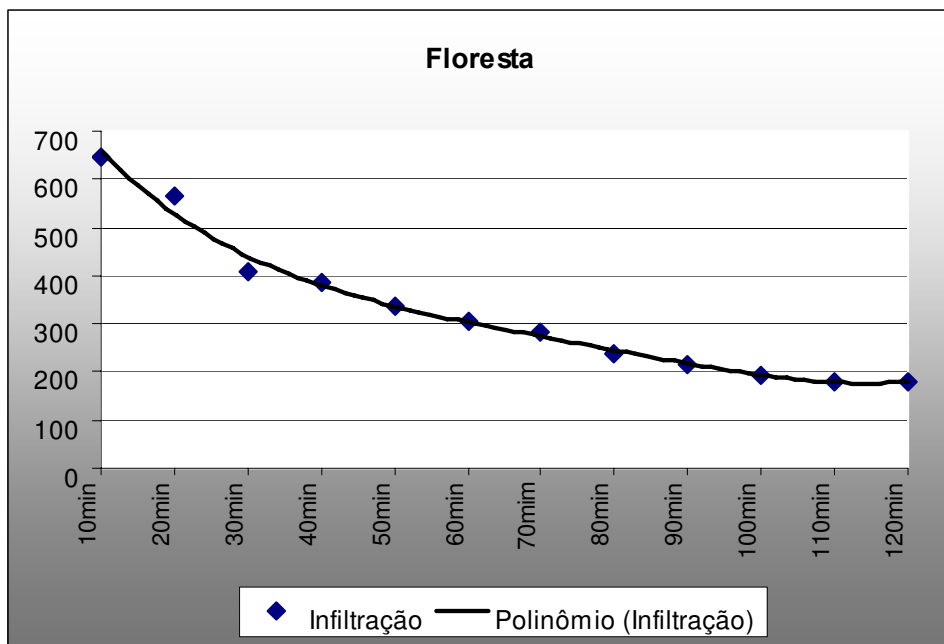


Figura 18 – Média dos valores de infiltração em áreas de floresta. Org. PARIZOTO, 2008

Coelho Neto (2001), ainda nos lembra que são complexas e variadas as razões que vão determinar a compactação e a diminuição da capacidade de infiltração dos solos: as características físicas das chuvas, quer seja pela quantidade, quando se excede a capacidade de infiltração, ou pela intensidade, que causam maiores impactos no solo exposto; as condições de cobertura dos solos, onde a redução na densidade de cobertura vegetal é acompanhada pelo decréscimo da infiltração; as condições de textura, profundidade e umidade do solo, onde solos profundos e com grandes quantidades de matéria orgânica apresentarão alta capacidade de infiltração enquanto solos rasos e mais argilosos mostrarão baixas taxas e volumes de infiltração; e por último, mas nem por isso menos importante, a atividade biogênica da fauna escavadora e do enraizamento dos vegetais que reduz a compactação e aumenta em muito a capacidade de infiltração.

Depois de todas essas análises fica claro que a compactação e a impermeabilização dos solos são um dos grandes responsáveis pela perda de fertilidade, menor absorção de água pelo solo, aumento do escoamento superficial e, como consequência, maior ação dos agentes erosivos.

Foram vários os fatores que puderam ser observados durante os trabalhos de campo: a ausência de proteção vegetal, o uso contínuo e intenso da terra, a ação da chuva, que carrega as partículas finas diminuindo a porosidade do solo, o pisoteio de animais e pessoas, a mecanização da produção e a passagem de veículos de transporte.

5.3 A CARTA DE FRAGILIDADE

Último produto cartográfico confeccionado, a Carta de Classes de Fragilidade Potencial ou Ambiental, ou ainda como é simplesmente conhecida Carta de Fragilidade, foi o resultado da integração das informações das cartas de declividade, solo, uso da terra e pluviosidade, além da contribuição das outras cartas já apresentadas e dos resultados dos testes de resistência à penetração e taxas de infiltração.

Cada uma dessas variáveis representou um Plano de Informação dentro do processo de produção e a classificação dessas variáveis, de acordo com sua fragilidade, formaram uma combinação numérica de 4 dígitos, onde cada um dos números do conjunto representa um determinado peso na tabela classificatória, variando, como de costume, de 1 a 5, ou seja, da muito fraca até a muito forte.

Com o objetivo de seguir a proposta de Unidades Ecodinâmicas Estáveis e Instáveis, os Planos de Informação obedeceram a seguinte combinação numérica:

- ⇒ O primeiro dígito referiu-se à declividade, que irá sempre se sobrepor às outras variáveis, apresentando-se como o principal elemento para definir as áreas de maior e menor fragilidade;
- ⇒ O segundo dígito é associado aos tipos de solos em função dos seus índices de erodibilidade;
- ⇒ O terceiro dígito está associado ao uso da terra e ao grau proteção do solo de

acordo com cada tipo de cobertura;

⇒ E o quarto dígito associado aos índices pluviométricos, que no caso, foi o único que se apresentou como uma variável fixa, já que, pelo tamanho reduzido e características climáticas da microbacia, apresentou-se com um único valor;

Como resultado chegou-se a uma série de 49 agrupamentos específicos organizados nas cinco classes de fragilidade.

Deste modo, o conjunto numérico 1113, por exemplo, corresponde a uma Fragilidade Potencial muito baixa, pois a declividade é pouco acentuada; o solo tem a menor classificação quanto à erodibilidade; a cobertura vegetal é de floresta nativa e a pluviosidade, apesar da sazonalidade, tem um médio volume anual e é amenizada pelas variáveis anteriores.

No conjunto numérico 5543 a Fragilidade Potencial é muito alta, pois o relevo é muito fortemente dissecado; os solos são muitos frágeis aos processos erosivos; o uso da terra é constituído por culturas de ciclos curtos em curvas de nível ou terraços e em áreas próximas aos canais com escassez ou falta de vegetação ciliar.

Do total da microbacia, o processamento dos Planos de Informação indicou que 10,47Km² (14,46%) da área foram classificados com o menor valor de fragilidade; 33,67Km² (46,49%) foram classificados com baixa fragilidade; 7,48 Km² (10,82%) recebeu a de média fragilidade; 18,61 Km² (25,70%) a classificação de alta fragilidade; e finalmente, 1,83 Km² (2,52%) receberam o mais alto valor das classes de fragilidade. (Tabela 22, Figura 19 e Mapa 22)

Tabela 22 – Classes de fragilidade da microbacia do Ribeirão das Marrecas

CLASSE	VALOR	ASSOCIAÇÃO NUMÉRICA	% NA MICROBACIA	ÁREA	
				km2	ha
1	Muito Baixa	1113 1123 1133 1143 1313 1323 1333 1343 1513 1523	14,46%	10,47	1047,36
2	Baixa	1533 1543 2113 2123 2133 2143 2213 2223 2333 2343	46,49%	33,67	3366,84
3	Média	2513 2523 2533 2543 3113 3123 3143, 3313, 3323	10,82%	7,84	783,93
4	Alta	4333 4343 4523 4533 4543 4113 4123 4143 4313 4323	25,70%	18,61	1861,27
5	Muito Alta	4333 4343 4523 4533 4543 5313 5323 5343 5523 5543	2,52%	1,83	182,86
Totais				72,42 km2	7.242,26 ha

Tabulações realizadas pelo autor.

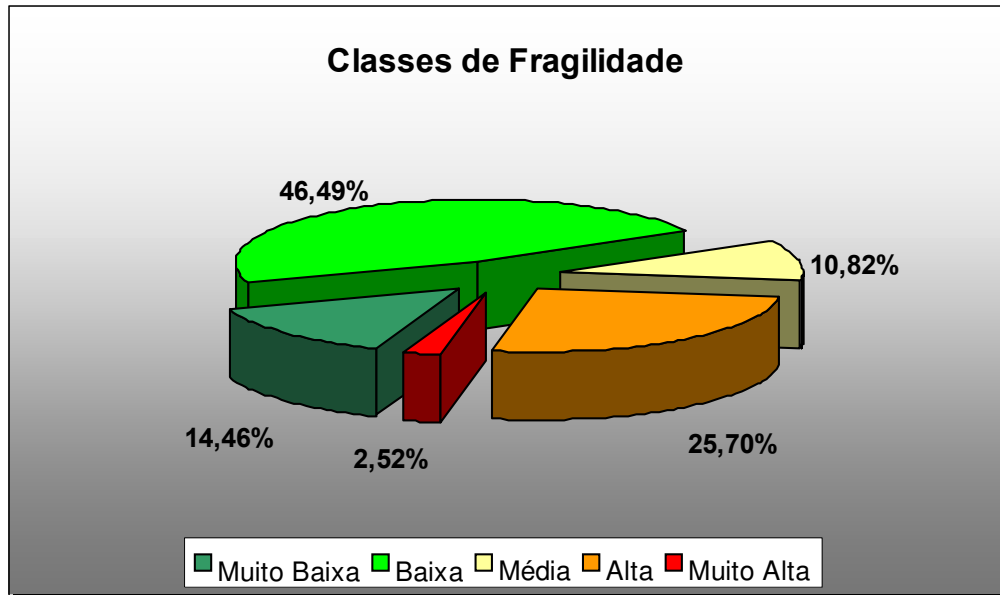
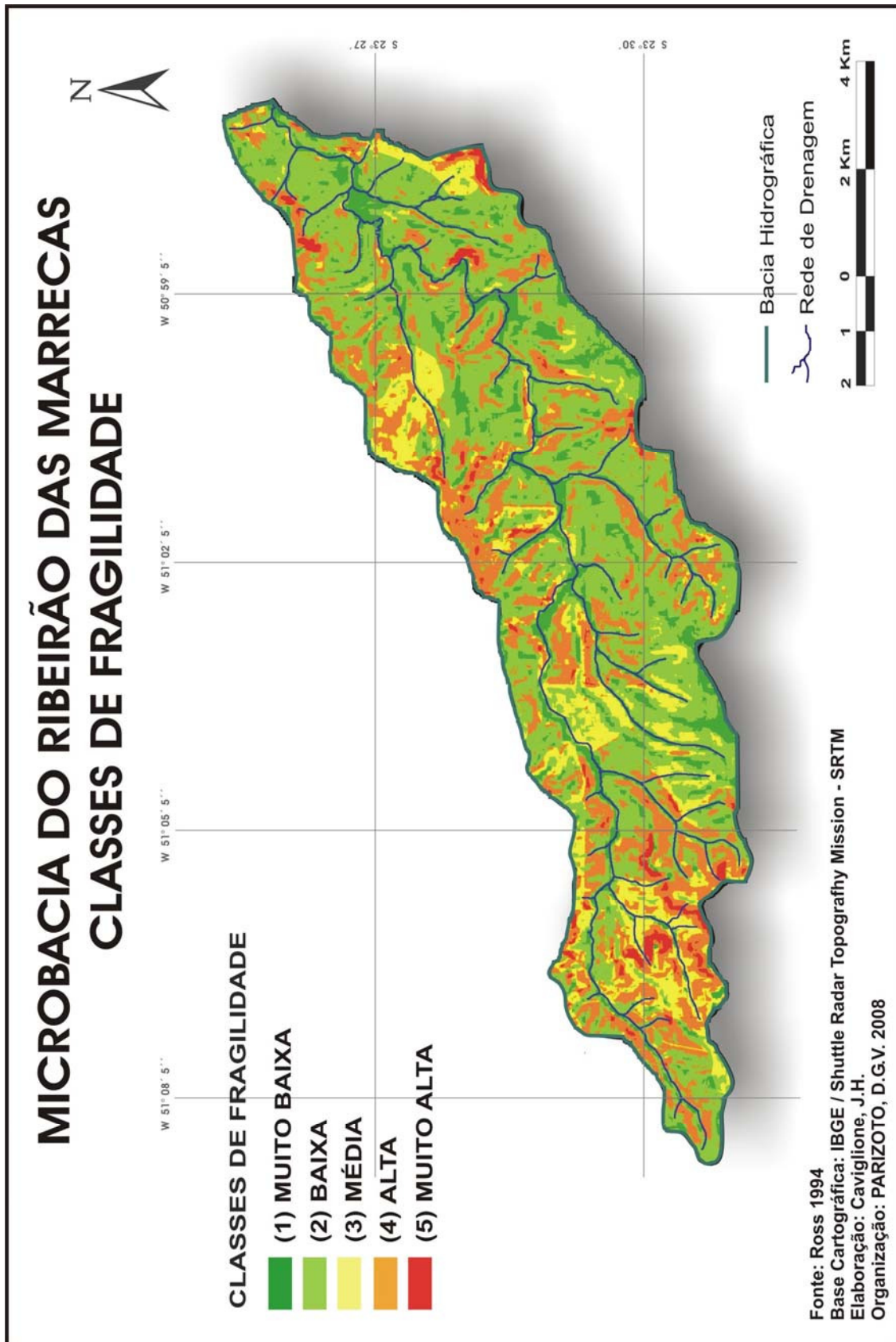


Figura 19 – Gráfico da porcentagem das classes de fragilidade. Org. PARIZOTO, 2008.



Mapa 22 – Carta de classes de fragilidade

A partir da carta e da tabela foi possível visualizar a distribuição espacial das áreas com menor e maior grau de fragilidade dentro da microbacia.

A menor classe de fragilidade, a de valor 1, é a que mais expressa a relação com a declividade. Aparece nas áreas de relevo suave, no topo das elevações, constituindo os divisores de águas entre as sub-bacias, e nas áreas próximas ao leito do canal principal, onde existe a presença de Mata Ciliar. Apesar de apresentarem baixa relação com a fragilidade, é importante considerar a intensidade do uso do solo agrícola e seu avançando em áreas próximas aos canais.

A classe correspondente à baixa fragilidade, a de valor 2, aparece distribuída por toda a área da microbacia, mas ainda assim predomina no compartimento I e II. Sua presença ocorre ao longo das maiores vertentes, sob o Nitossolo Vermelho Eutroférico de textura argilosa, que produz um valor compensatório no PI do uso da terra – lavoura.

É nesta classe que os resultados dos trabalhos de campo revelaram a maior inconsistência com os encontrados durante a interpolação dos dígitos da matriz. A referida área passa por fases onde está coberta pela lavoura de ciclo curto, o que já lhe confere um grau forte de fragilidade, mas também fica uma considerável parcela de tempo exposta, sem nenhum tipo de cobertura, enquanto está sendo preparada para o novo ciclo e no tempo de desenvolvimento da planta.

Os efeitos da ausência da cobertura vegetal, mesmo que por um período de tempo, se fazem sentir por toda extensão da área desta classe. Uma

maior densidade de cobertura significaria níveis mais baixos de erosão, especialmente se houvesse uma que se aproximasse da cobertura de serrapilheira, que intercepta as gotas de chuva que caem através dos galhos e folhas. Para tal, as técnicas de plantio direto seriam as mais apropriadas. (Foto 27 e 28)

A classe de fragilidade média, com valor 3, aparece com grande freqüência no compartimento I associada a forte declividade da área sob o Neossolo. Os fatores amenizantes são, a presença de formações florestais dispersas e uma maior ocorrência de pastagens.

Essa classe também é bem representada no compartimento II e III, sendo que de modo geral, no C II está associada à instabilidade potencial das formações florestais e no CIII está associada instabilidade emergente do Neossolo Litólico Eutrófico presente nas áreas mais elevadas das duas extremidades da microbacia. (Fotos 29 e 30)

Nos trabalhos de campo, em vários pontos foi possível observar a pouca profundidade dos Neossolos e as muitas formas equivocadas de uso dessas áreas, ocasionando a perda do pouco material que naturalmente existia. A redução de matéria orgânica nesses Neossolos tem sempre efeitos danosos, tanto em termos de aceleração dos processos erosivos, quanto da perda da fertilidade natural, agravando ainda mais as condições de degradação em que esses solos se encontravam.

Muitas vezes nessas áreas que estavam em processo de erosão acelerada foi possível constatar uma grande redução da profundidade com pontos onde já havia ocorrido a remoção completa do horizonte A. (Fotos 31 e 32)



Foto 27 – Cultivo de soja com baixa cobertura vegetal.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 28 – Erosão em sulco, em área de pouco declive, no cultivo de soja.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 29 – Cultivo de soja com área de Neossolo ao fundo.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 30 – Detalhe do Neossolo com pés de café no topo e na base do morro.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 31 – Erosão em áreas de declive acentuado, em área de pastagem.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 32 – Rocha exposta em área de pastagem.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).

A classe de valor 4, representante da fragilidade classificada como alta aparece em todos os compartimentos com uma acentuada concentração no compartimento I. É uma classe de forte presença nas cabeceiras de drenagem, uma vez que essas se apresentam quase sempre desprotegidas de vegetação natural e com solo degradado devido ao escoamento superficial acelerado. Esse escoamento promove o arraste do solo dos leitos das cabeceiras, onde a erosão se pronuncia na forma de desmoronamento das margens.

Essas áreas também estão ligadas, a ocupação urbana e todas as suas formas de infringir agressões ao meio natural, a intensa atividade agrícola, com forte mecanização e conseqüente compactação do solo, e as pastagens que, além de serem cultivadas até próximos ao leito dos canais, também registram grande valor de compactação e pouca capacidade de infiltração. Além disso são áreas que se relacionam com as declividades mais altas e por isso são identificadas ao longo dos maiores canais. (Fotos 33, 34 e 35)

O monitoramento dos processos erosivos deveria ser permanentemente implementado, pois foi nessa classe que as observações de campo identificaram a maior presença de erosões laminares e ravinamentos, com até casos de formação de voçorocas. (Fotos 36, 37 e 38)

A mais alta classe de fragilidade, a de valor 5, reforça as observações feitas para as classes altas. Essas áreas de muito alta fragilidade estão inseridas dentro do contexto das áreas de alta fragilidade, elevando-se a uma categoria superior em razão da maior declividade do terreno. São as áreas que necessitam maior atenção e compromisso com técnicas conservacionistas.



Foto 33 – Um dos pontos de despejo de esgoto no distrito de Irerê.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 34 – Colheitadeira em área de trigo.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 35 – Estrada dentro de uma propriedade.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 36 – Área com cultivo de soja com estrada de terra ao fundo.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 37 – Outra área com cultivo de soja com estrada de terra ao fundo.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).



Foto 38 – Voçoroca na área de maior fragilidade identificada no CIII.
Foto: Parizoto, D.G.V. (2007).

Compromisso com o conservacionismo e com a sustentabilidade não é, de modo algum, gerar impedimentos ou esperar que os ambientes antropizados retornem ao status anterior ao da sua ocupação. É, responsabilmente, criar condições de uso racional, mantendo o melhor equilíbrio necessário para a continuidade do recurso oferecido pelo meio natural.

Conservar o rio, a floresta, o solo e todos os elementos que deles dependem e com eles se relacionam, é antes de tudo, garantir os interesses e a permanência da própria humanidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado desse estudo permitiu analisar a microbacia do Ribeirão das Marrecas, qualificando e quantificando os elementos físicos de uso e ocupação da terra e delimitar as áreas com diferentes classes de fragilidade ambiental no espaço da microbacia.

A análise da Carta de Fragilidade, construída através das relações existentes entre os componentes naturais avaliados a partir dos testes de campo e das análises das cartas temáticas confeccionadas no decorrer do trabalho, permitiu classificar a microbacia de acordo com as proposições de Ross (1994) para execução de análise empírica de ambientes antropizados, seguindo a proposta de Unidades Ecodinâmicas.

Para isso buscou-se o entendimento dos elementos constituintes da microbacia dentro do conceito de Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente e Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou de Instabilidade Potencial, sendo as duas, categorizadas em vários graus, desde muito fraca até muito forte.

Do total da área da microbacia, 14,46% dela foi classificada com o menor valor de fragilidade, 46,49% com baixa fragilidade, 10,82% com média

fragilidade, 25,70% com alta fragilidade e 2,52% recebeu o mais alto valor das classes de fragilidade.

Inicialmente foram elaboradas 14 cartas na escala de 1:50.000 contendo informações sobre rede de drenagem, imagem composta (carta base), ordem dos canais, hipsometria, compartimentação da bacia, solos, classes de solo, declividade, classes de declividade, orientação das vertentes, uso atual da terra, classes de uso da terra, mata ciliar e pluviosidade. Esses produtos intermediários somados aos trabalhos executados em campo possibilitaram a confecção da Carta de Fragilidade da microbacia do Ribeirão das Marrecas.

Os testes de campo foram realizados em 32 pontos demarcados dentro dos limites da microbacia e constituíram-se de dois parâmetros: a avaliação da resistência do solo à penetração, através de dois modelos distintos de penetrômetro; e de testes de taxa de infiltração, através do uso infiltrômetro de anéis.

Nos processos de espacialização dos dados coletados através da elaboração de cartas que representassem os dados obtidos, sentiu-se a necessidade de um aumento do número de pontos demarcados, em uma análise futura, quando se fizer a continuação dos trabalhos.

Análises estatísticas simples foram realizadas a fim de confirmar relação e a significância entre os testes e os dados obtidos em cada um.

Os dois modelos, o Penetrômetro de Bolso e o Penetrômetro de

Anel Dinamométrico, apresentaram semelhanças no método de uso e nos resultados obtidos. Os dois modelos se mostraram adequados e eficientes na determinação de resistência do solo à penetração e conseqüentemente na caracterização da compactação deste solo. O modelo de anel dinamométrico, em virtude do seu maior grau de precisão, determinou valores ligeiramente superiores de resistência à penetração nos três níveis de solo avaliados.

Os valores obtidos nos pontos com cobertura de pastagem e solo exposto apresentaram os maiores valores de RP. Já as áreas de formação vegetal florestal foram os pontos que apresentaram os menores índices de RP, uma vez que solos com esse tipo de cobertura apresentam, mesmo em períodos de maior estiagem, altos níveis de umidade.

Os testes com infiltrômetro apresentaram resultados que claramente se relacionam com o tipo de solo e principalmente com a umidade presente no solo, na ocasião dos testes. Também, como foram realizados nas mesmas datas que dos testes com o penetrômetro, apresentaram resultados inversamente proporcionais, isto é, quanto maiores eram os valores para RP, menores eram os índices das taxas de infiltração.

Os testes realizados em campo foram de grande importância para a obtenção final das classes de fragilidade da microbacia, pois demonstravam de maneira concreta os resultados das análises empíricas realizadas durante o andamento do trabalho.

A partir da confecção final da carta de fragilidade foi possível a

visualização da distribuição espacial das áreas com menor e maior grau de risco ambiental dentro da microbacia.

A presença de três núcleos urbanos e a intensa utilização da microbacia para atividades econômicas imprime a referida área uma constante pressão nos mecanismos de equilíbrio dos sistemas envolvidos.

O aumento da população mundial reflete necessariamente na obrigação de proteger o solo como recurso vital, sobretudo para produção de alimento, matéria-prima e energia.

Essas pressões não podem ser totalmente eliminadas, pois são resultados da atividade humana, porém podem ser controladas de forma organizada e racional.

Enquanto isso, a escassez de cobertura vegetal florestal nessa área de clima mesotérmico, com consideráveis índices de pluviometria, tem resultado em intensos processos de perda de solo, compactação, impermeabilização das estruturas, queda nos níveis de fertilidade e conseqüentemente de produtividade.

Desta forma é certo afirmar que quando o solo e seu ambiente natural sofrem a interferência do homem, deixa de ficar protegido por sua cobertura vegetal original, abandonando o estado de equilíbrio inicial e ficando exposto, mesmo que por alguns períodos entre as colheitas, aos diversos agentes de deterioração ambiental, causando um ciclo constante de danos e prejuízos.

Estratégias de preservação dos ambientes em microbacias são complexos e devem focar o aumento da extensão e duração da cobertura vegetal; a busca do reconhecimento das aptidões de cada área envolvida, o equilíbrio dos processos de drenagem; o controle do escoamento superficial através da descompactação do solo a fim de alcançar uma maior infiltração de água e finalmente o combate aos processos de degradação que já se fizerem instalados.

Este trabalho, que apresentou as técnicas experimentais como um acréscimo dos trabalhos consagrados de análise ambiental, esta longe de ser um fim em si mesmo, e sim, deve servir para propor uma constante busca de aprimoramento em favor das questões relacionadas ao meio ambiente e ao desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA FILHO, S. S. **Os estudos de impactos ambientais no Brasil**: uma análise de sua efetividade. Brasília: IPEA, 1993.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

ATLAS do Município de Londrina. Londrina: Secretaria Municipal de Agricultura e Abastecimento, 2000. 1-atlas. Escalas variam.

BAROUD, R. et al. Componente saúde no processo de estudos de impacto ambiental. **Revista CIPA**, Saúde no estudo de impacto ambiental, São Paulo, v. 14, n. 167, p. 26-43, 1993.

BARROS, M. V. F.; MENDONÇA, F. de A. Uso e ocupação do solo. In: STIPP, N. A. F. (Org.). **Macrozoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PR)**. Londrina: UEL, 2000. p. 83-96.

BELTRAME, A. da V. **Diagnóstico do meio físico de Bacias Hidrográficas**: modelo e aplicação. Florianópolis: UFSC, 1994.

BENTES-GAMA, M. de M. **Manejo de Bacias Hidrográficas**. Disponível em:<
http://www.cpafro.embrapa.br/embrapa/Artigos/manejo_bac.htm>. Acesso em: 11
out. 2007.

BERGAMASCO, S. M. P. P.; NORDER, L. A. C. **A alternativa dos assentamentos rurais: organização social, trabalho e política**. São Paulo: Terceira Margem, 2003.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global. Esboço Metodológico. Tradução: Olga Cruz. **R. RAÍE GA**, Curitiba, v. 8, p. 141-152, 2004.

BERTRAND, G. P.; BERTRAND C. M. **Uma geografia transversal e de travessias: o meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Tradução: Messias Modesto dos Passos. Maringá: Maçoni, 2007.

BRASIL. Decreto-lei nº. 94.076, de 5 de março de 1987. **Decretos Federais**. Disponível em:
<http://www.mp.sp.gov.br/portal/page/portal/cao_urbanismo_e_meio_ambiente/legislacao/leg_federal/leg_fed_decretos>. Acesso em 26 set. 2007.

CÂMARA, G.; AGUIAR, A.P. (Ed.). **SPRING: Manual do Programa**. São José dos Campos: INPE, 1996.

CÂMARA, G.; FREITAS, U. M. de. Perspectivas em Sistemas de Informação Geográfica. In: SIMPÓSIO DA SOBRACON, 1995, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 1995.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. Princípios Básicos em Geoprocessamento. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas: Aplicações na Agricultura**. 2. ed. Brasília: EMBRAPA, 1998. p. 3-11.

CAMARGO, J. B. de. **Geografia física, humana e econômica do Paraná**. Paranavaí: Clichetec, 1998.

CAMPOS, R. A. **Estudos ambientais no espaço geográfico da Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Marrecas – Londrina – PR**. 2006. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia, Desenvolvimento e Meio Ambiente) - CCEDG, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2006.

CAMPOS, R. A.; MACHADO, W.; STIPP, N. A. F. Estudos ambientais no espaço geográfico da Sub-Bacia do Ribeirão das Marrecas – Londrina – PR In: SIMPÓSIO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA: GEOGRAFIA, TECNOCIÊNCIA, SOCIEDADE E NATUREZA, 11, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2005.

CAPUTO, H.P. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 3.ed., v.1. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1973.

CHRISTOPHERSON, R. W. **Elemental Geosystems**. 5. ed. Upper Saddle River, New Jersey, EUA: Pearson Prentice Hall, 2007.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CHURCHMAN, C. W. **Introdução à Teoria dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1972.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção.

Laboratório de Cartografia – USP. Disponível em: <http://www.geografia.fflch.usp.br/inferior/laboratorios/lcarto>. Acesso em 15 abr. 2008.

COELHO NETTO, A. L.. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 4 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001. p. 93-148.

DIAS, G. F. **Educação ambiental: princípios e práticas**. São Paulo: Gaia, 1992.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. São Paulo: Livros da Terra, 1996.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FLEISCHFRESSER, V. **Modernização tecnológica da agricultura: contrastes regionais e diferenciação social no Paraná da década de 70**. Curitiba: Livraria Chain; CONCITEC e IPARDES, 1988.

FREIRE, O. Uso agrícola do solo: impactos ambientais. In: TAUK-TORNISIELO, S. M. et al. (Ed.) **Análise ambiental: estratégias e ações**. T. A. Queiroz Fundação Salim Farah Maluf. Rio Claro: CEA – Unesp, 1995. p. 88-102.

GEOMÁTICA. **O que é ArcGIS?**. Disponível em: <<http://www.igeo.ufrj.br/gruporetis/phpmyfaq/index.php?action=artikel&cat=4&id=155&artlang=pt-br>>. Acesso em: 17 jan. 2008.

GOOGLE. Software Google Earth. Disponível em < <http://earth.google.com> >. Acesso em: 22 de nov. 2006.

GRAZIANO NETO, F. **Questão agrária e ecologia: Crítica da agricultura moderna**. São Paulo: Brasiliense, 1985.

GUERRA, A. J. T.; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos Solos. In: CUNHA, S.B. da; GUERRA, A. J. T. (Org.) **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. p. 181-227.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. Degradação ambiental. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. da. (Org.) **Geomorfologia e meio ambiente**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. p. 337-379.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1997.

GUIMARÃES, R. P. A ética da sustentabilidade e a formulação de políticas de desenvolvimento. In: VIANA, G., SILVA, M., DINIZ, N. (Org.). **O desafio da sustentabilidade**: um debate sócio ambiental no Brasil. São Paulo: Perseu, 2004. p. 43-72.

IAPAR – Instituto Agrônômico do Paraná.

IAPAR. **Cartas Climáticas do Estado do Paraná**. CD-Room. Londrina: IAPAR, 2000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE. **Introdução ao Spring**: geoprocessamento ao alcance de todos. São José dos Campos, 2002.

IPARDES. **Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social**. Disponível em: < <http://www.ipardes.gov.br>>. Acesso em: 21 dez. 2007.

LEPSCH, I. F. **Solos – formação e conservação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LIBAULT, A. **Os quatro níveis da pesquisa geográfica**: Métodos em questão. São Paulo: USP, 1971.

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná**. Curitiba: Imprensa Oficial, 2002.

MENDONÇA, F. de A. A tipologia climática: gênese, características e tendências. In: STIPP, N. A. F. (Org.). **Macrozoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (PR)**. Londrina: UEL, 2000. p. 21 a 62.

MATA CILIAR. Disponível em : <<http://www3.pr.gov.br/mataciliar/perguntas.php>>. Acesso em: 06/04/2008.

MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MENDONÇA, F. de A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Dinâmica Atmosférica e tipos climáticos predominantes da bacia do rio Tibagi. In.: MEDRI, M. E. et al. (Ed.). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: M.E. Medri, 2002. p. 63 a 66.

MEDRI, M. E. et al. (Ed.). **A Bacia do Rio Tibagi**. Londrina: M. E. Medri, 2002.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: A história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

OLIVEIRA, A. A. B. de. Abordagem sistêmica no planejamento e gestão de bacias hidrográficas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2003, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: UERJ, 2003. Disponível em: <<http://geografia.igeo.uerj.br/xsbgfa/cdrom/eixo3/3.3/001/001.htm>>. Acesso em 22 nov. 2006.

PARIZOTO, D. G. V.; STIPP, N. A. F. Análise comparativa entre dois modelos de penetrômetros utilizados na avaliação de compactação de solos da microbacia do Ribeirão das Marrecas, município de Londrina – PR. In III SIMPGEO – SIMPÓSIO PARANAENSE DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 2008, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: UEPG, 2008. CD-ROM.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E. dos; DEL PRETTE, M. E. A utilização do conceito de bacia hidrográfica para a conservação dos recursos naturais. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. **Conceitos de Bacias Hidrográficas**. Ilhéus: Editus, 2002. p. 17-35.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LONDRINA. **Bacias Hidrográficas do Município**. Disponível em: <<http://home.londrina.pr.gov.br/ambiente&item=baciashidrograficas>>. Acesso em: 15 out. 2007.

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/USP, 1998.

RODRIGUES, S. C. Análise da fragilidade do relevo: Abordagem empírico-experimental. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 12, n. 23, p. 167-189, 2000.

RODRIGUES, S. C.; BRITO, J. L. S. Mapeamento geomorfológico de detalhe – Uma proposta de associação entre o mapeamento tradicional e as novas técnicas em geoprocessamento. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v.1, n. 1, 2000. Disponível em: <http://www.ig.ufu.br/revista/volume01/artigo01_vol01.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2007.

ROHDE, G. M. Estudos de impacto ambiental e a situação brasileira. **Revista CIPA**, São Paulo, v. 7, n. 141, p. 19-28, 1991.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH-USP, São Paulo, n.8, p. 63-75, 1994.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Contexto, 1990.

ROSS, J. L. S.. Ensaio e Experimentos na Análise da Fragilidade dos Ambientes Naturais: O Penetrômetro de Percussão. **Revista do Departamento de Geografia**, FFLCH-USP, São Paulo, n.11, p. 57-66, 1997.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. de S. M. Algumas Técnicas de Pesquisa em Geomorfologia. In: VENTURI, L. A. B. (Org.). **Praticando Geografia: técnicas de campo e laboratório**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. p. 69-84.

RUTKOWSK, E. Bacia Hidrográfica & Bacia Ambiental. **Revista Ligação Conhecer**, São Paulo: Sabesp. Ano III, n. 7, p 32-38, 2000.

SALES, V. de C. Geografia, sistemas e análise ambiental: abordagem crítica.

Revista GEOUSP – Espaço e Tempo, São Paulo: n. 16. p. 125-141, 2004.

SILVA, J. G. da. **Progresso técnico e relações de trabalho na agricultura**. São

Paulo: Hucitec, 1981.

SILVA, J. M. da; SILVEIRA, E. S. da. **Apresentação de trabalhos acadêmicos:**

Normas e técnicas. Petrópolis: Vozes, 2007.

SILVA, J. X. da. **Geoprocessamento para análise ambiental**. Rio de Janeiro: Artes

Gráficas e Editora, 2001.

SOLOTEST: Aparelhos para Mecânica do Solo Ltda. (2002). **Catálogo de produtos**,

São Paulo, Brasil.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três**

modelos alternativos nas altas Bacias do Rio Jaguarí-Mirim, Ribeirão do

Quartel e Ribeirão da Prata. 2001. 159 f. Dissertação (Mestrado em Geografia

Física) - FFLCH, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling"

Camara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J Computers & Graphics, 20: (3) 395-

403, May-Jun 1996.

SRH. **Drenagem como Instrumento de Dessalinização e Prevenção da Salinização de Solos.** Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo>>. Acesso em: 12 fev. 2008.

STIPP, N. A. F. A variedade pedológica e suas potencialidades. In: _____ (Org.). **Macrozoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (Pr).** Londrina: UEL, 2000a.

STIPP, N. A. F. As unidades geológicas-geomorfológicas. In: _____ (Org.). **Macrozoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (Pr).** Londrina: UEL, 2000b.

STIPP, N. A. F. Principais tipos de solos e sua caracterização. In: _____ (Org.). **Sociedade, natureza e meio ambiente no norte do Paraná: a porção inferior da Bacia Hidrográfica do rio Tibagi.** Londrina: UEL, 2000c.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetros de impactos em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.15, n. 2, p. 229-235, 1991.

TOREZAN, J. M. D. Nota sobre a vegetação da bacia do rio Tibagi. In.: MEDRI, M. E. et al. (Ed.). **A Bacia do Rio Tibagi.** Londrina: M.E. Medri, 2002.

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

TROPMAIR, H. **Biogeografia e meio ambiente**. Rio Claro: UNESP, 1987.

TROPMAIR, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: UNESP, 2000.

WEBCALC. **Volume do Conteúdo de Tanques**. Disponível em:
<<http://www.webcalc.com.br>>. Acesso em 12 fev. 2008.

WONS, I. **Geografia do Paraná**. 4ª ed. atual. e aum. Curitiba: Ensino Renovado, 1982.

ANEXOS

		EST. Londrina / CÓD.: 02351003 / LAT.: 23°22' S / LONG.: 51°10' W / ALT.: 585m										PERÍODO: 1976 - 2007										
MES	TEMPERATURA DO AR (°C)										U.REL			VENTO			PRECIPITAÇÃO (mm)			EVAPORAÇÃO		INSOLAÇÃO
	média	média máxima	média mínima	máxima absol.	ano	mínima absol.	ano	média (%)	direção pred.	veloc. (m/s)	total	máxima 24h	ano	dias de chuva	total (mm)	total (horas)						
JAN	23,9	29,6	19,6	36,4	1993	11,0	1980	76	E	2,4	211,4	113,5	1993	15	106,1	205,8						
FEV	23,8	29,7	19,5	36,0	2005	12,2	1987	76	E	2,2	186,1	93,6	1993	14	91,4	192,8						
MAR	23,5	29,7	18,7	37,0	2005	7,0	1987	74	E	2,2	136,1	124,6	1992	11	112,6	222,3						
ABR	21,6	28,0	16,6	34,3	2002	3,8	1999	71	E	2,3	111,1	151,2	1994	8	108,7	227,3						
MAI	18,2	24,4	13,5	32,0	2001	0,0	1979	74	E	2,1	117,7	84,0	1994	8	91,8	216,1						
JUN	16,9	23,2	12,0	30,3	2002	-1,0	1994	75	NE	2,0	89,6	161,0	1997	8	81,7	207,4						
JUL	16,9	23,5	11,5	31,2	1977	-1,3	2000	69	E	2,3	65,0	77,8	1990	6	106,5	231,3						
AGO	18,8	25,8	12,8	34,8	1994	0,6	1994	62	E	2,4	48,7	62,5	1986	6	146,2	237,4						
SET	19,9	26,4	14,5	37,5	1988	1,9	2002	64	E	2,8	121,2	82,8	1998	9	146,1	197,6						
OUT	22,2	28,7	16,7	37,0	2007	8,0	1981	66	E	2,8	131,3	108,4	1994	10	157,0	220,5						
NOV	23,1	29,4	17,8	39,2	1985	9,8	1976	66	E	2,8	161,4	142,7	1992	11	149,8	228,2						
DEZ	23,7	29,4	19,0	36,4	1985	12,0	2001	72	E	2,6	208,1	117,1	1989	14	124,4	217,4						
ANO	21,1	27,3	16,0					70,5			1588			120	1421	2604						

Anexo A – Planilha de Dados Climatológicos do Município de Londrina.
Fonte: IAPAR



APARELHOS PARA MECÂNICA DO SOLO LTDA

Certificado de Calibração de Anel Dinamométrico

Nº 8507-07

Página 01 de 02

1 - CLIENTE:

Empresa:

ITEDES-INST. TECN. DES. ECON E SOCIAL/FINEP

2 - ITEM A SER CALIBRADO:

Item Calibrado:

Anel Dinamométrico " C "

Fabricante:

Solotest Aparelhos para Mecânica do Solo Ltda

Data: 10/05/2007

Tipo:

Com relógio comparador analógico

Série: 3637

Capacidade nominal:

100 kgf

Referência: 1.011.010

Temperatura:

20°C

Umidade: 40%

3 - RELÓGIO COMPARADOR:

Marca do relógio comparador:

Digimess

Tipo do relógio comparador:

0 - 10 mm subdivisão de 0,01 mm

Nº de série:

6407727

Procedimento interno:

PR.05.6.030

4 - PADRÃO UTILIZADO:

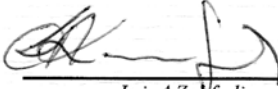
Tipo	Capacidade	Número	Certificado	Laborat.	Validade
Célula de Carga	100 kgf	0014	1450/04	CERTI	12/04/09

5 - RESULTADOS OBTIDOS:

Carga Aplicada em (N)	Carga Aplicada em (kgf)	L1	L2	L3	L - Média	Div/kgf	Erro de repetibilidade (%)	Incerteza (±) kgf
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
98,00	10,00	21,00	21,00	21,00	21,00	2,10	0,00	0,12
196,00	20,00	42,00	42,00	42,00	42,00	2,10	0,00	0,12
294,00	30,00	62,00	62,00	62,00	62,00	2,07	0,00	0,38
392,00	40,00	83,00	83,00	83,00	83,00	2,08	0,00	0,12
490,00	50,00	104,00	103,00	104,00	103,67	2,07	0,96	1,50
588,00	60,00	125,00	125,00	125,00	125,00	2,08	0,00	0,12
686,00	70,00	146,00	145,00	146,00	145,67	2,08	0,69	1,51
784,00	80,00	167,00	167,00	167,00	167,00	2,09	0,00	0,12
882,00	90,00	188,00	187,00	187,00	187,33	2,08	0,53	1,44
980,00	100,00	209,00	209,00	208,00	208,67	2,09	0,48	1,44

- NOTAS:**
- Relógio posicionado em 0,00 mm para início de operação.
 - Norma de referência: NBR 6674.
 - L = Leitura no relógio comparador.
 - Constante média do anel: **48,02 kgf/mm**

- Foram executados três medições em cada um dos dez pontos da escala. - Os resultados deste certificado são válidos exclusivamente para o instrumento calibrado descrito, nas condições especificadas, não sendo extensivo a quaisquer outros, mesmo que similares. - A sua reprodução total ou parcial dependerá de prévia autorização formal da Solotest. - A incerteza de medição declarada refere-se a um nível de confiança de aproximadamente 95%, de acordo com ISO TAG 4 de 1995.


 Luiz A. Zamfornim
 Técnico Mecânico


 Luiz Borella
 Diretor

Equipamentos para: Solo - Cimento - Concreto - Betume - Agregados - Metalografia - Areia de Fundação - Refratários
 Rua Conselheiro Carrão, 275 - Bela Vista - CEP 01328-000 - São Paulo - SP - Brasil - PABX: 55 (11) 289-0211 - FAX: 55 (11) 289-4516
 Internet: <http://www.solotest.com> - E-mail: solotest@solotest.com

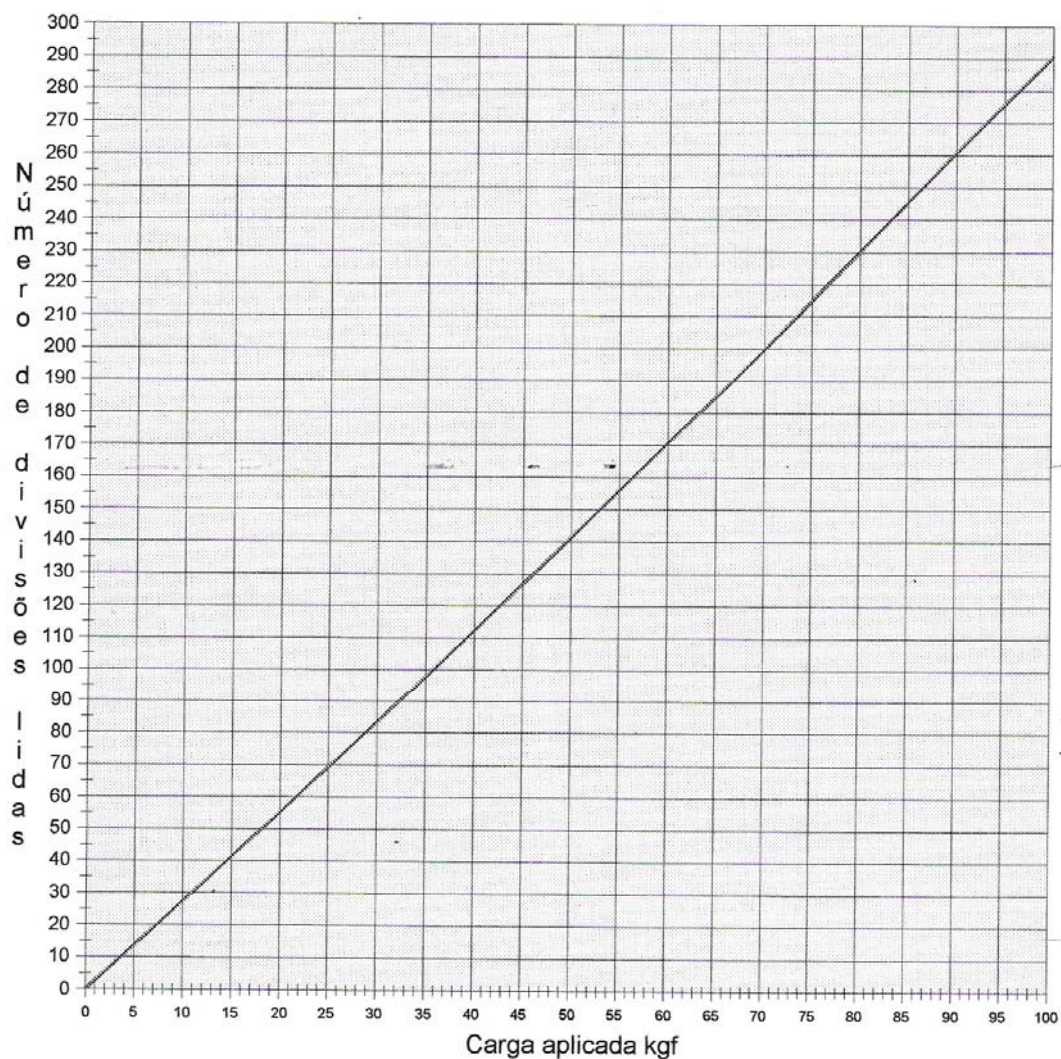


APARELHOS PARA MECÂNICA DO SOLO LTDA

Continuação do Certificado de Anel Dinamométrico

Nº 88507-07

Página 02 de 02



Reta Média:			
$X = (y - a) / b$	ou	$X = \text{Carga Aplicada (kgf)}$	$a = -0,156$
$y = a + b \cdot x$		$Y = \text{Leitura (div)}$	$b = 2,085$

Equipamentos para: Solo – Cimento – Concreto – Betume – Agregados – Metalografia – Areia de Fundação – Refratários
 Rua Conselheiro Carrão, 275 – Bela Vista – CEP 01328-000 – São Paulo – SP – Brasil – PABX: 55 (11) 289-0211 – FAX: 55 (11) 289-4516
 Internet: <http://www.solotest.com> – E-mail: solotest@solotest.com

Anexo C – Certificado de calibração do Penetrômetro de Solos (página 2).
 Fonte: SOLOTEST

VAZÃO AJUSTADA					
Temp. °C	Temp. °F	Viscosidade (Centipoise)	Temp. °C	Temp. °F	Viscosidade (Centipoise)
0	32,0	1,7921	21	69,8	0,9810
1	33,8	1,7313	22	71,6	0,9579
2	35,6	1,6728	23	73,4	0,9358
3	37,4	1,6191	24	75,2	0,9142
4	39,2	1,5674	25	77,0	0,8937
5	41,0	1,5188	26	78,8	0,8737
6	42,8	1,4728	27	80,6	0,8545
7	44,6	1,4284	28	82,4	0,8360
8	46,4	1,3860	29	84,2	0,8180
9	48,2	1,3462	30	86,0	0,8007
10	50,0	1,3077	31	87,8	0,7840
11	51,8	1,2713	32	89,0	0,7679
12	53,6	1,2363	33	91,4	0,7523
13	55,4	1,2028	34	93,2	0,7371
14	57,2	1,1709	35	95,0	0,7225
15	59,0	1,1404	36	96,8	0,7085
16	60,8	1,1111	37	98,6	0,6947
17	62,6	1,0828			
18	64,4	1,0559			
19	66,2	1,0299			
20	68,0	1,0050			

Anexo D – Tabela Para cálculos de vazão ajustada conforme a viscosidade da água.

Fonte: SRH (2008)

Organização: PARIZOTO, D.G.V.

CÁLCULO DE VOLUME

Dimensões Internas do Tanque	
D	h
40 cm	25 cm
Volume Total	Área Interna Total
31415.93 cm ³	5654.87 cm ²

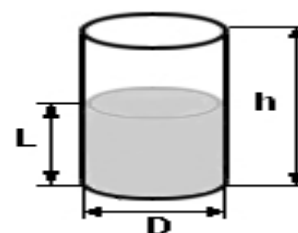


Tabela de Volumes do Conteúdo ($\Delta L = 1$ cm)				
Nível (L)	Nível (%)	Volume	Volume (%)	Peso do Conteúdo
1 cm	4 %	1256.64 cm ³	4 %	1.26 kaf
2 cm	8 %	2513.27 cm ³	8 %	2.51 kaf
3 cm	12 %	3769.91 cm ³	12 %	3.77 kaf
4 cm	16 %	5026.55 cm ³	16 %	5.03 kaf
5 cm	20 %	6283.19 cm ³	20 %	6.28 kaf
6 cm	24 %	7539.82 cm ³	24 %	7.54 kaf
7 cm	28 %	8796.46 cm ³	28 %	8.8 kaf
8 cm	32 %	10053.1 cm ³	32 %	10.05 kaf
9 cm	36 %	11309.73 cm ³	36 %	11.31 kaf
10 cm	40 %	12566.37 cm ³	40 %	12.57 kaf
11 cm	44 %	13823.01 cm ³	44 %	13.82 kaf
12 cm	48 %	15079.64 cm ³	48 %	15.08 kaf
13 cm	52 %	16336.28 cm ³	52 %	16.34 kaf
14 cm	56 %	17592.92 cm ³	56 %	17.59 kaf
15 cm	60 %	18849.56 cm ³	60 %	18.85 kaf
16 cm	64 %	20106.19 cm ³	64 %	20.11 kaf
17 cm	68 %	21362.83 cm ³	68 %	21.36 kaf
18 cm	72 %	22619.47 cm ³	72 %	22.62 kaf
19 cm	76 %	23876.1 cm ³	76 %	23.88 kaf
20 cm	80 %	25132.74 cm ³	80 %	25.13 kaf
21 cm	84 %	26389.38 cm ³	84 %	26.39 kaf
22 cm	88 %	27646.02 cm ³	88 %	27.65 kaf
23 cm	92 %	28902.65 cm ³	92 %	28.9 kaf
24 cm	96 %	30159.29 cm ³	96 %	30.16 kaf
25 cm	100 %	31415.93 cm ³	100 %	31.42 kaf

Nota:

1- O peso do conteúdo é calculado para uma aceleração da gravidade igual a 9.80665 m/s² (nível do mar)

Legenda:

- **D:** Diâmetro interno do tanque
- **h:** Altura interna do tanque
- **L:** Altura do nível do conteúdo
- ΔL : Incremento no nível do conteúdo entre as linhas da tabela

Anexo E – Tabela de cálculo de volume para o anel maior (400mm).

Fonte: WebCalc (2008)

Organização: Parizoto, D.G.V.

CÁLCULO DE VOLUME

Dimensões Internas do Tanque	
D	h
25 cm	25 cm
Volume Total	Área Interna Total
12271.85 cm ³	2945.24 cm ²

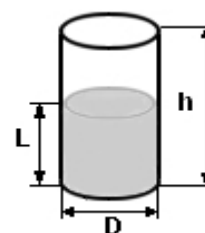


Tabela de Volumes do Conteúdo ($\Delta L = 1$ cm)				
Nível (L)	Nível (%)	Volume	Volume (%)	Peso do Conteúdo
1 cm	4 %	490.87 cm ³	4 %	0.49 kaf
2 cm	8 %	981.75 cm ³	8 %	0.98 kaf
3 cm	12 %	1472.62 cm ³	12 %	1.47 kaf
4 cm	16 %	1963.5 cm ³	16 %	1.96 kaf
5 cm	20 %	2454.37 cm ³	20 %	2.45 kaf
6 cm	24 %	2945.24 cm ³	24 %	2.95 kaf
7 cm	28 %	3436.12 cm ³	28 %	3.44 kaf
8 cm	32 %	3926.99 cm ³	32 %	3.93 kaf
9 cm	36 %	4417.86 cm ³	36 %	4.42 kaf
10 cm	40 %	4908.74 cm ³	40 %	4.91 kaf
11 cm	44 %	5399.61 cm ³	44 %	5.4 kaf
12 cm	48 %	5890.49 cm ³	48 %	5.89 kaf
13 cm	52 %	6381.36 cm ³	52 %	6.38 kaf
14 cm	56 %	6872.23 cm ³	56 %	6.87 kaf
15 cm	60 %	7363.11 cm ³	60 %	7.36 kaf
16 cm	64 %	7853.98 cm ³	64 %	7.85 kaf
17 cm	68 %	8344.86 cm ³	68 %	8.34 kaf
18 cm	72 %	8835.73 cm ³	72 %	8.84 kaf
19 cm	76 %	9326.6 cm ³	76 %	9.33 kaf
20 cm	80 %	9817.48 cm ³	80 %	9.82 kaf
21 cm	84 %	10308.35 cm ³	84 %	10.31 kaf
22 cm	88 %	10799.22 cm ³	88 %	10.8 kaf
23 cm	92 %	11290.1 cm ³	92 %	11.29 kaf
24 cm	96 %	11780.97 cm ³	96 %	11.78 kaf
25 cm	100 %	12271.85 cm ³	100 %	12.27 kaf

Nota:

1- O peso do conteúdo é calculado para uma aceleração da gravidade igual a 9.80665 m/s² (nível do mar)

Legenda:

- **D:** Diâmetro interno do tanque
- **h:** Altura interna do tanque
- **L:** Altura do nível do conteúdo
- ΔL : Incremento no nível do conteúdo entre as linhas da tabela

Anexo F – Tabela de cálculo de volume para o anel menor (250mm).

Fonte: WebCalc (2008)

Organização: Parizoto, D.G.V.

(FIXADO NA CONTRA CAPA)

Anexo G – CD com gravação do filme do sobrevôo mostrando os pontos onde os trabalhos de campo foram realizados.
Fonte: Google Earth (2008)
Organização: Parizoto, D.G.V.