



FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE
PROGRAMA DE PÓS – GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

Rubens de Jesus Matos

**ESTUDO BIOGEOGRÁFICO DO ALTO CURSO DO RIO SANTO
ANASTÁCIO: ANÁLISE COMPARATIVA DA QUALIDADE DA ÁGUA
EM CANAIS DE TERCEIRA ORDEM.**

Presidente Prudente

2014

Rubens de Jesus Matos

Estudo biogeográfico do alto curso do Rio Santo Anastácio: análise comparativa da qualidade da água em canais de terceira ordem.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista como requisito para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Edson Luís Piroli.

Presidente Prudente

2014.

FICHA CATALOGRÁFICA

M382e Matos, Rubens de Jesus.
Estudo biogeográfico do alto curso do Rio Santo Anastácio: análise comparativa da qualidade da água em canais de terceira ordem / Rubens de Jesus Matos. - Presidente Prudente : [s.n], 2014
00 f.

Orientador: Edson Luís Piroli
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia
Inclui bibliografia

1. Geossistema. 2. Bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio. 3. Escola Russo-soviética. I. Matos, Rubens de Jesus. II. Piroli, Edson Luís. III. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências e Tecnologia. IV. Título.

BANCA EXAMINADORA

PRO. DR. EDSON LUIS PIROLI
ORIENTADOR

PROF. DR. JURANDYR LUCIANO SANCHES ROSS
(USP)

PROF. DR. JOSÉ MARIANO CACCIA GOUVEIA
(UNESP/FCT)

RUBENS DE JESUS MATOS

Presidente Prudente (SP), 04 de agosto de 2014.

RESULTADO:

Dedico à

quem me perco em pensamento de futuro que não irão acontecer e passados que jamais irão voltar. Em memória de José Ribeiro de Matos ou simplesmente Pai.

E

À Elaine Aluize Rinaldo, sem seu apoio e companheirismo esse trabalho não existiria.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Edson Luís Piroli, pela orientação nesta dissertação e nos demais trabalhos acadêmicos, obrigado também pelas conversas e viagens agradáveis neste período de formação acadêmica;

À Elaine Aluize Rinaldo, pela colaboração nas coletas de campo, pela ajuda na correção do trabalho e, principalmente, pelo companheirismo;

Aos Professores Doutores José Mariano Cacci Gouveia e Renata Ribeiro de Araujo, que contribuíram com orientações no exame de Qualificação desta Dissertação;

Aos companheiros do Grupo de Pesquisa Gadis, Frederico Gambardella (vulgo Fred), Letícia Roberta Trombeta, Fernanda Bonfim Soares, Rodrigo Criado, Rafael da Silva Nunes, em especial aos amigos Aline Kuramoto Gonçalves e Éder Pereira dos Santos, pelas contribuições nos trabalhos de campo para coleta de dados além de contribuírem para o meu crescimento intelectual;

Ao Doutor Eduardo Dibieso pela contribuição com materiais bibliográfico e cartográfico;

À Professora Doutora Ana Flora, por ter sido tão solícita no tempo em que utilizei o laboratório de biologia.

Franciele Gonçalves e Renata Pereira Prates pela paciência em passar suas experiências na prática laboratoriais;

Aos motoristas desta instituição, que dentro do possível nos transportaram pelo campo para coleta de informações.

Epigrafe



Córrego do Botafogo, área sem proteção ciliar

As abstrações só caminham conduzidas por homens reais.
Para esses seres formados, não apenas em ideias, mas em realidade,
de carne e de sangue, a ciência não tem coração.

Mikhail Bakunin
Deus e o Estado

RESUMO

O surgimento do conceito geossistema provocou uma quebra de paradigmas dentro da Geografia e consequentemente dentro das Ciências da Paisagem. As tentativas de compreender de modo holístico a dinâmica ambiental, principalmente dentro da Escola Russo-soviética trouxe novos rumos para a disciplina. Esta nova compreensão de mundo juntamente com a dicotomia existente no dilema da sociedade contemporânea de preservar e reconstituir as condições naturais do ambiente, onde as relações pretéritas entre o Homem e a Natureza são postas em cheque, cria condições para as novas análises ambientais propostas pelo geossistema. Isto não significa dizer que as contradições acabaram. Pelo contrário, a cada ano; a cada década este tema foi sendo aceito como verdade absoluta pela grande massa da população “temos que cuidar da natureza”. A aceitação deste discurso gerou novos mercados consumidores sem que o anterior fosse destruído. Porém, ao mesmo tempo em que o pensamento humano debate a preservação ambiental, países não entram em acordo com a diminuição do consumo de combustíveis fósseis, fábricas migram para países subdesenvolvidos com leis ambientais mais brandas ou mesmo vendem a eles os seus estoques de produtos não aceitos no seu país de origem. Esta espacialização da produção e do consumo mundial fica mais evidente na escala do lugar, onde as relações sociais são mais intensas e é possível notar estas contradições. Assim, a bacia do alto curso do rio Santo Anastácio esta inserido nesta relação, onde a transformação da paisagem iniciada final do século XIX com vários ciclos econômicos dentre eles o café e o algodão que modificou sua dinâmica florestal criando novas condições ambientais, vive hoje o dilema de reflorestar as antigas regiões de mata e, ao mesmo tempo, o custo econômico desta iniciativa, o crescimento urbano, a produção de biocombustíveis, entre outros. As três sub-bacias em estudo, por serem estruturas menores dentro bacia hidrográfica do alto curso, sofreram as mesmas modificações do seu universo, desta maneira, as modificações ambientais são semelhantes, porém cada lugar com suas particularidades. Contudo, nos dias atuais as terras da bacia possuem diferentes formas de uso, onde as principais são: pastagem, que ocupa a maior parte das terras da bacia; área urbana, fruto do crescimento da cidade de Presidente Prudente localizada ao norte do manancial e áreas de cana de açúcar, cultura que cresce de modo vertiginoso na região Oeste do Estado de São Paulo. Assim, nesta pesquisa foram analisadas as consequências destas formas de uso das terras da

bacia e suas implicações na biota bentônica. Para tanto foram utilizado como arcabouço teórico o conceito de geossistema, cujo princípio é a interação e subordinação recíproca dos elementos do sistema e a classificação biológica dos macroinvertebrados bentônicos do sistema BMWP (*Biological Monitoring working Party score system*) ocorrendo adaptações na Espanha e no Brasil. No entanto, como os objetos em estudo são sistemas complexos e dinâmicos esta pesquisa trabalhou com os principais fatores geoecológicos de maior importância na modificação da paisagem. Compreendendo o fator diferenciador (geológico e climático) como semelhante em todas as bacias. Dentro dos fatores trabalhados: redistribuição (relevo) e diferenciadores indicadores (hídrico e edáfico) é posto a discussão o uso e cobertura do solo os quais poderiam também ser entendidos como fatores indicadores. Por fim, para aferir as interações destes elementos foram utilizados bioindicadores bentônicos como fator indicador da dinâmica ambiental.

Palavras-chave: escola Russo-soviética, geossistema, biogeografia, bacia hidrográfica, Manancial Santo Anastácio.

ABSTRACT

The emergence of geosystem it was a paradigm shift within the Geography and consequently within the Landscape Sciences, attempts to understand holistically the environmental dynamics, mainly within the Russian-Soviet School brought new directions for the discipline. This new understanding of the world along with the dichotomy in the dilemma of contemporary society to preserve and replenish the natural conditions of the environment where the preterit relations between man and nature are put in check, creates conditions for new environmental analysis proposed by geosystem. This does not mean that the contradictions over, on the contrary, every year, every decade this topic was being accepted as complete by the great mass of the population actually "have to take care of nature." The acceptance of this discourse created new consumer markets without the previous was destroyed. However, while human thought debate environmental preservation, countries cannot agree with the reduction in consumption of fossil fuels, factories migrate to developing countries with more lenient environmental laws or even sell them your product inventories not accepted in their

country of origin. This spatial distribution of production and world consumption is more evident on the scale of the place, where social relationships are more intense and you may notice these contradictions. Thus, the basin of the upper course of the river Santo Anastácio is inserted in this relationship, where the landscape transformation started late nineteenth century with several economic cycles among them the coffee and cotton which changed its forest dynamics creating new environmental conditions, today facing a dilemma to reforest the areas of forest and at the same time, the economic cost of this initiative, urban growth, the production of biofuels, among others. The three basins under study, being smaller structures within the upper reaches of the watershed, suffered the same modifications of his universe, in this way, environmental modifications are similar, but each place with its special features. However, nowadays the land of the basin have different forms of use where the main ones are: grassland, which occupies most of the land in the basin; urban area, due to the growth of the city of Presidente Prudente located north of the watershed areas and sugar cane, a crop that grows giddy mode in the western region of São Paulo. Thus, in this study we analyzed the consequences of these forms of land use in the basin. For both were used as theoretical framework the concept of geosystem, whose principle is the interaction and mutual subordination of system elements. However, because the objects under study are complex and dynamic systems this research worked with leading geoeological factors of greatest importance in the modification of the landscape. Understanding the differentiating factor (climatic and geological) as similar in all basins. Among the factors worked: redistribution (relief) and differentiating indicators (water and edaphic) the discussion is put to use and ground cover which could also be understood as factors indicators. Finally, to assess interactions of these elements benthic bioindicators were used as an indicator of environmental factor dynamics.

Key-words: Russian-Soviet school geosystem, biogeography, watershed Fountainhead Santo Anastácio.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	1
CAPÍTULO I - EPISTEMOLOGIA: REFLEXÕES FILOSÓFICAS SOBRE O MÉTODO.	3
1.1 – Introdução: do surgimento da Razão às novas racionalidades do mundo contemporâneo.	3
1.2 – Desenvolvimento sustentável: a crise ambiental e a nova racionalidade contemporânea.	5
1.3 – A Ciência do século VIII: debates que contribuíram para o surgimento da Ciência da Paisagem.	7
1.4 – Escola Russo-Soviética e suas influências: desenvolvimento do conceito de paisagem e a singularidade da concepção geossistêmica.	8
1.5 – Geossistema: influência teórico-metodológica da teoria geral dos sistemas na geografia.	21
1.5.1 – O homem e o Meio.	22
1.5.2 – Estrutura do sistema	23
1.5.3 – Funcionalidade do sistema	26
1.5.4 – Dinâmica, Evolução e Hierarquia do geossistema	28
1.6 – Indicadores biológicos: reflexo da sinergia do sistema. (relação sociedade↔natureza)	31
CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.	36
2.1 – Localização e caracterização da região em estudo.	36
2.1.1 – Geomorfologia regional.	36
2.2 – Alto curso da bacia do rio Santo Anastácio.	39
2.2.1 – Localização.	39
2.2.2 – Cobertura da terra.	40
2.2.3 – Sub-bacia urbanizada – córrego do Botafogo	41
2.2.4 – Sub-bacia ocupada por pasto – afluente do córrego do Embiri.	44
2.2.5 Sub-bacia ocupada por cana de açúcar – afluente do córrego do Lajeado.	44
2.2.6 Geomorfologia da bacia do rio Santo Anastácio.	44
2.2.7 Condição climática local.	48
CAPÍTULO III – FISIONOMIA DA PAISAGEM: ESTRUTURAS E PROCESSOS QUE MODELAM E DINAMIZAM A PAISAGEM.	52
3.1 – Escala de análise: adequação escalar das bacias hidrográficas em estudo.	52
3.1.1- Escalas geomorfológicas para os estudos da Paisagem.	55
3.2 – Os elementos geomorfológicos e suas interrelações.	58
3.2.1 – Morfologia da vertente.	59
3.2.2 – Morfologia fluvial	66
3.2.3 – Uso e cobertura da terra	69

3.3 – Geocologia: reflexão sobre a estrutura alimentar dentro da dinâmica geossistêmica.	77
3.3.1 – Equilíbrio alimentar.	82
CAPÍTULO IV – MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS	86
1º Campo.	86
2º Procedimentos e análises laboratoriais.	90
3º Elaboração das cartas temáticas.	
CAPÍTULO V – UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA ÁREA DE ESTUDO.	98
5.1 – Caracterização da bacia do córrego do Botafogo.	99
5.1.1 – Dinâmica geomorfológica	99
5.1.2 – Morfologia fluvial do córrego do Botafogo	105
5.1.3 – Uso e cobertura da terra na bacia do córrego do Botafogo	111
5.2 – Caracterização da bacia do afluente do córrego do Embiri	118
5.2.1 – Dinâmica geomorfológica	118
5.2.2 – Morfologia fluvial do afluente do córrego do Embiri	122
5.2.3 – Uso e cobertura da terra na bacia do afluente do córrego do Embiri.	126
5.3 – Caracterização da bacia do afluente do córrego do Lajeado	134
5.3.1 – Dinâmica geomorfológica	134
5.3.2 – Morfologia fluvial do afluente do córrego do Lajeado	136
5.3.3 – Uso e cobertura da terra na bacia do afluente do córrego do Lajeado	141
CAPÍTULO VI – ESTUDOS LIMNOLÓGICOS: ANÁLISES DOS COMPORTAMENTOS ECOLÓGICO DAS ESTAÇÕES EM ESTUDO.	146
6.1 – Fatores indicadores e sua interação com a dinâmica ambiental e social	146
6.1.1 – Análise limnológica do córrego do Botafogo	150
6.1.2 – Análise limnológica do afluente do córrego Embiri	171
6.1.3 – Análise limnológica do afluente do córrego do Lajeado	182
CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS	194
7.1 – Vegetação e organização biológica	194
REFERÊNCIAS	200

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Evolução histórica da Ciência da Paisagem.	11
Figura 2. Hierarquia dos fatores geológico formadores da paisagem.	29
Figura 3. Esquema geral da designação de diferentes formas de uso de bioindicadores.	32
Figura 4. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.	36
Figura 5. Geomorfologia e estratigrafia da Bacia sedimentar do Paraná.	37
Figura 6. Evolução do desmatamento (1920 a 1973) no Pontal do Paranapanema.	39
Figura 7. Distribuição das morfologia do Alto curso do rio Santo Anastácio.	47
Figura 8. Gráfico de Análise Rítmica do mês de maio de 2012 em Presidente Prudente/SP.	50
Figura 9. Esboço da de definição teórica de geossistema.	53
Figura 10. Unidades taxonômicas do relevo segundo Ross.	56
Figura 11. Diagrama representativo da dinâmica dos fluxos (sentido e convergência) em encostas para os fundos de vales.	59
Figura 12. Classificação dos elementos de encosta de acordo com a forma e os processos.	61
Figura 13. Fatores endógenos e exógenos recorrentes em vertentes convexo – retilínea – concava.	62
Figura 14. Perfil típico proposto por Max Derruau em 1965.	64
Figura 15. Vertente típica proposto por Lester C. King em 1953.	64
Figura 16. Modelo de vertente com as unidades hipotéticas apresentada por Dalrymple, Blong e Conacher em 1968.	65
Figura 17. Balança de Lane – onde L : carga sedimentar; $D50$: tamanho médio do sedimento; S : a declividade do canal; Q : a vazão média, sendo que a declividade é diretamente relacionada à carga sedimentar é inversamente relacionado com a vazão.	68
Figura 18. Predomínio da infiltração em vertente com cobertura vegetal.	70
Figura 19. Predomínio do escoamento superficial em vertente sem cobertura vegetal.	70
Figura 20. Dinâmica recorrente em solos urbanos, conforme o parcelamento do solo e a mudança na dinâmica de escoamento das águas pluviais.	76
Figura 21. Representação geral da relação entre a ordem do canal fluvial e a biota bentônica, <i>inputs</i> e ecossistemas dentro da proposta de continuidade de processos fluviais.	81
Figura 22. Linha de voo realizado em um levantamento aerofotogramétrico.	95

Figura 23. Perfil longitudinal sudoeste - nordeste, dos divisores de água da região mais elevada da bacia.	100
Figura 24. Perfil longitudinal de leste a oeste, da região norte e nordeste da bacia.	102
Figura 25. Perfil longitudinal do canal principal do córrego do Botafogo. Fonte: modelagem a partir da carta topográfica com equidistância das curvas de 5 metros.	106
Figura 26. Perfil longitudinal do afluente do córrego do Embiri. Fonte: modelagem a partir da carta topográfica com equidistância das curvas de 5 metros.	122
Figura 27. Perfil longitudinal do afluente do córrego do Lajeado. Fonte: modelagem a partir da carta topográfica com equidistância das curvas de 5 metros.	137
Figura 28. Simbiose entre bactéria e algas em lagoa de estabilização.	149
Figura 29. Síntese de gráficos das variáveis limnológicas, coletadas no córrego do Botafogo nos meses de março e agosto de 2012.	154
Figura 30. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B1 nos meses de março e agosto de 2012.	157
Figura 31. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B2 nos meses de março e agosto de 2012.	159
Figura 32. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B3 nos meses de março e agosto de 2012.	160
Figura 33. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B4 nos meses de março e agosto de 2012.	161
Figura 34. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B5 nos meses de março e agosto de 2012.	166
Figura 35. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B6 nos meses de março e agosto de 2012.	167
Figura 36. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B7 nos meses de março e agosto de 2012.	169
Figura 37. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B8 nos meses de março e agosto de 2012.	170
Figura 38. Síntese de gráficos das variáveis limnológicas, coletadas no afluente do córrego do Embiri nos meses de março e agosto de 2012.	173
Figura 39. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção E1 nos meses de março e agosto de 2012.	176
Figura 40. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção E2 nos meses de março e agosto de 2012.	180
Figura 41. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção E3 nos meses de março e agosto de 2012.	181
Figura 42. Síntese de gráficos das variáveis limnológicas, coletadas no afluente do córrego do Lajeado nos meses de março e agosto de 2012.	183
Figura 43. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção L1 nos meses de março e agosto de 2012.	186

Figura 44. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção L2 nos meses de março e agosto de 2012.	188
Figura 45. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção L3 nos meses de março e agosto de 2012.	191
Figura 46. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção L4 nos meses de março e agosto de 2012.	193
Figura 47. Relação entre escoamento superficial e mata ciliar.	195

LISTA DE FOTOS

Foto 1. Medidor de pH digital portátil, Tecnopon, modelo mPA 210 PA.	87
Foto 2. Medidor de turbidez portátil, modelo AP-2000.	87
Foto 3. Medidor de condutividade portátil, Tecnopon, modelo mCA 150P.	87
Foto 4. Medidor de oxigênio do ar / dissolvido/ temperatura digital portátil modelo DO-5510.	87
Foto 5. Coletor Surber.	89
Foto 6. Coletor Surber sendo utilizado no campo.	89
Foto 7. Lupa Instrutherm; modelo LP-500, aumento 8X.	90
Foto 8. Lupa binocular Olympus modelo SZ61.	91
Foto 9. Microscópio eletrônico Leica modelo CME	91
Foto 10. Mulfla	92
Foto 11. Balança analítica Shimadzu modelo AW220.	92
Foto 12. Bomba à vácuo Primatec modelo 131	92
Foto 13. Filtros de membrana de fibra de vidro	92
Foto 14. Estufa de secagem e estabilização	92
Foto 15. Sedimentos de fundo secando a temperatura ambiente.	93
Foto 16. Agitador RODAP com peneiras para fracionamento de sedimentos.	93
Foto 17. Estereoscópio modelo Topcon Model 3 Mirror Stereoscope.	95
Foto 18. Processo de retirada das feições morfológicas das fotografias aéreas através da estereoscopia.	95
Fotos (19, 20 e 21) Afloramento do arenito adamantina em área de cabeceira do córrego do Botafogo.	100
Foto 22. Terraços aluviais formados a partir do rebaixamento do talvegue, leito fluvial formado por arenito e margem soterrada por depósitos recentes.	104
Foto 23. Margem solapada do terraço aluvial com declividade maior que 100%, expondo o solo hidromórfico.	104
Foto 24. Afluente do córrego do Botafogo com margens solapadas e vertentes com manchas escuras característico de áreas de nascente difusa.	105
Foto 25. Açudes construídos nas áreas de nascentes difusas na média vertente, nesta área ocorre o surgimento de canais intermitentes, todos sem proteção ciliar.	105
Fotos 26 e 27. Canal principal da bacia correndo sobre o afloramento arenítico	108

formando pequena queda d'água.

Foto 28. Vista aérea do limite entre o Conjunto Habitacional Ana Jacinta e a área rural com pequenas chácaras com solo coberto por pastagem.	112
Foto 29. Vista parcial das vertentes convexas e retilíneas cobertas por pastagens e do Residencial Esmeralda com arruamento organizados de modo ortogonal.	112
Foto 30. Leito maior com margens solapadas e depósito de lixo, canal fluvial correndo ao lado com alta carga de material orgânico.	113
Foto 31. Detalhe do canal principal da bacia, coberto por macrofitas e espuma de detergente, presente no esgoto doméstico.	113
Foto 32. Criação de equino próximo ao canal sem vegetação ciliar.	114
Foto 33. Depósito de construção ao lado de propriedade criadora de gado leiteiro.	114
Foto 34. Vista aérea do remanescente florestal situado a margem direita do córrego do Botafogo. Ao lado desta mata cultivo de hortaliças.	114
Foto 35. Área de cultivo de hortaliças.	114
Foto 36. Vista aérea da cabeceira, região ocupada por granjas e pasto com muitas ravinas.	120
Foto 37. Vertente retilínea-côncava na área de cabeceira da bacia.	120
Foto 38. Visão panorâmica do interflúvio da margem esquerda do médio curso do canal, região onde surge o primeiro canal perene da bacia.	121
Foto 39. Vertentes retilíneas e côncavas com grande número de erosões na margem esquerda do canal. Acima da fotografia observa o colo interfluvial divisor da bacia.	121
Foto 40. Margem solapadas com inclinação superior a 100%, ocasionada pela corrosão, deslizamento e desmoronamento.	121
Foto 41. Detalhe do solo erodido por solapamento, transição de solo autóctone e sedimentos alóctone, transportado das vertentes.	121
Foto 42. Gramínea cobrindo o solo para a alimentação do gado.	126
Foto 43. Macrófitas aquáticas encobrendo o canal fluvial.	126
Foto 44. Vista de uma pequena plantação de cana em meio ao pasto.	128
Foto 45. Plantação de cana de açúcar, mandioca, banana com algumas árvores frutíferas.	128
Foto 46. Fotografia aérea do baixo curso.	130
Foto 47. Erosão marginal no baixo curso do canal.	130
Foto 48. Seção E3 com vegetação ciliar invadida por gramíneas.	131
Foto 49. Detalhe do canal fluvial da seção E3.	131
Foto 50. Seção E2, ponto de coleta de material limnológico.	131

Foto 51. Vestígio da penetração do gado na área da seção E2.	131
Foto 52. Seção E1 com margem erodida causada pela penetração do gado no canal	132
Foto 53. Fundo de vale sem mata ciliar e coberto por vegetação rasteira.	132
Fotos 54. Solo preparado para plantio de cana em terraços embutido em nível.	141
Foto 55. Plantio direto para conservação do solo evitando erosão e o impacto da chuva do solo.	141
Foto 56. Uso consorciado entre a cana na alta e média vertente com a criação de gado de corte na baixa vertente em Área de Proteção Permanente.	142
Foto 57. Canal coberto por macrófitas, compostas por vegetação rasteira invasora.	142
Foto 58. Área de cabeceira sem proteção ciliar com vegetação predominantemente rasteira.	143
Foto 59. Detalhe de um pequeno exemplar de embaúba, vegetação em regeneração.	143
Foto 60. Pastagem seca entre a plantação de cana e o remanescente de floresta ciliar nativa.	144
Foto 61. Pastagem seca na baixa vertente e leito fluvial com gramíneas verdes e tenras.	144
Fotos 62, 63 e 64. Evidências de incêndio florestal causado pela queima da cana de açúcar.	144
foto 64. Árvore completamente queimada em meio ao pasto em área de APP.	144
Fotos 65 e 66 Peixes mortos em seções do baixo curso do córrego do Botafogo, áreas muito suscetível a modificações na biodiversidade causado pela introdução de resíduos urbanos.	150
Foto 67. Afluente do córrego do Botafogo com esgoto doméstico liberado pela Estação Elevatória de Esgoto.	151
Foto 68. Diferença visual de turbidez e vazão entre o córrego do Botafogo à esquerda e seu afluente receptor de esgotamento sanitário a direita.	151

LISTA DE MAPAS

MAPA 1. Localização das sub-bacias analisadas.	42
MAPA 2. Carta geomorfológica – Bacia do córrego do Botafogo.	109
MAPA 3. Carta declividade – Bacia do córrego do Botafogo.	110
MAPA 4. Uso da terra – Bacia do córrego do Botafogo.	117
MAPA 5. Carta geomorfológica – Sub-bacia do córrego do Embiri.	124
MAPA 6. Carta declividade – Sub-bacia do córrego do Embiri.	125
MAPA 7. Uso da terra – Sub-bacia do córrego do Embiri.	133
MAPA 8. Carta geomorfológica – Sub-bacia do córrego do Lajeado.	139
MAPA 9. Carta declividade – Sub-bacia do córrego do Lajeado.	140
MAPA 10. Uso da terra – Sub-bacia do córrego do Lajeado.	145
MAPA 11. Diversidade Biológica Coleta de março – Bacia do córrego do Botafogo.	163
MAPA 12. Diversidade Biológica Coleta de agosto – Bacia do córrego do Botafogo.	164
MAPA 13. Diversidade Biológica Coleta de março – Sub-bacia do córrego do Embiri.	177
MAPA 14. Diversidade Biológica Coleta de agosto – Sub-bacia do córrego do Embiri.	178
MAPA 15. Diversidade Biológica Coleta de março – Sub-bacia do córrego do Lajeado.	189
MAPA 16. Diversidade Biológica Coleta de agosto – Sub-bacia do córrego do Lajeado.	190

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1: Dinâmica atmosférica apresentada por Dibieso (2013)	51
Quadro 2: unidades hipotéticas do modelo apresentado por Dalrymple, Blong e Conacher (1968)	65
Quadro 3. Classificação dos sedimentos segundo seu diâmetro.	93
Quadro 4. Parâmetros para a classificação da qualidade da vegetação ciliar.	97
Quadro 5. Usos permitidos pelo zoneamento municipal de Presidente Prudente.	
Quadro 6. Espécies Arbóreas nativas, presentes na mata ciliar da bacia do afluente do córrego Embiri.	127
Quadro 7. Espécies Arbóreas nativas, presentes na mata ciliar da bacia do afluente do córrego do Lajeado.	142
Tabela 1. Organismos coletados na bacia hidrográfica do córrego do Botafogo.	155
Tabela 2: organismos coletados na sub-bacia hidrográfica do córrego do Embiri.	174
Tabela 3: organismos coletados na sub-bacia hidrográfica do córrego do Lajeado.	184

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Média de temperatura e precipitação do período de 1969 a 2008. Fonte: Matos (2009)	49
Gráficos 2 e 3. Granulometria sedimentar do material do fundo do leito encontradas nas seções do córrego do Botafogo nos mês de março e agosto.	107
Gráficos 4 e 5. Granulometria sedimentar do material do fundo do leito encontradas nas seções do afluente do córrego do Embiri nos mês de março e agosto.	123
Gráficos 6 e 7. Granulometria sedimentar do material do fundo do leito encontradas nas seções do afluente do córrego do Lajeado no mês de março e agosto.	137
Gráfico 8. Sólidos em suspensão do córrego do Botafogo em dezembro de 2011.	151
Gráfico 9. Contribuição da vegetação na manutenção da quantidade e biodiversidade de organismos dentro do canal.	196

INTRODUÇÃO

O Alto curso do rio Santo Anastácio, importante manancial para a cidade de Presidente Prudente, localizada no Pontal do Paranapanema, passou por importantes modificações morfológicas e biogeográficas ao longo da sua história de ocupação. Neste tempo suas vertentes foram desmatadas para o progresso econômico em detrimento da preservação ambiental.

Esta relação não possui mais que dois séculos de existência, porém suas modificações foram tão intensas que nos dias atuais é difícil imaginar como eram as interações existentes entre os elementos da natureza. Em muitos casos, por conta da ocupação, da exploração intensiva e o uso inadequado das terras, novas formas de relevo foram criadas e novas relações entre o meio físico e o biológico surgiram.

Desta forma, este trabalho pretende acrescentar ao estudo biogeográfico do Alto curso do rio Santo Anastácio procedimentos metodológicos geocológicos em uma visão geossistêmica da paisagem. Este novo paradigma traz consigo modos diferentes de estudar a paisagem e apreender sua capacidade de transformação. É a partir da compreensão desta dinâmica sistêmica que o homem consegue prever as consequências do processo produtivo e, desta maneira, modificar a relação Homem – Natureza.

A partir da compreensão dos processos morfogênicos atuantes em três microbacias de terceira ordem, juntamente com uso e cobertura das diferenciadas das terras procuraremos entender seu efeito na comunidade de macroinvertebrados bentônicos. Para tanto, utilizaremos como parâmetro indicador de qualidade ambiental, invertebrados bentônicos localizados em pontos exultórios pré-definidos. Assim, entenderemos como a interação entre o uso e cobertura da terra contribui na espacialização e estruturação biológica dos organismos bentônicos. Portanto, neste trabalho partimos do pressuposto de que a organização biológica do canal fluvial é extremamente dependente da interação do uso das terras da bacia e sua morfogênese.

O primeiro capítulo desta dissertação é dividido em cinco subcapítulos composto por uma análise epistemológica da paisagem. Partindo, primeiramente, de uma discussão sobre a concepção de razão para entender como ela é formada e se divide em diversas racionalidades tão distintas umas das outras. Utilizamos esta concepção como alicerce, no segundo subcapítulo, para compreender como o conceito de paisagem

surgiu e se modificou no decorrer do tempo. Para continuar a análise, no terceiro subcapítulo entenderemos, dentro da escola Russo-Soviética, quais foram os motivos que levaram essa escola se modificar a tal ponto que no decênio de 1960 torna-se possível a concepção do conceito de geossistema.

A partir do quarto subcapítulo, conduzimos o leitor a uma reflexão sobre o conceito de geossistema, através da relação homem x meio, discutimos sua estrutura, atividade, hierarquia, dinâmica e evolução e como estas variáveis são estudadas em diferentes escalas de análise. As concepções sobre bioindicadores são trabalhadas logo em seguida, no quinto subcapítulo. Nele discutimos como os bioindicadores são estudados e qual a importância deles para a avaliação ambiental.

Apresentados a estrutura conceitual, o segundo capítulo fará um panorama do universo em que estão inseridas as bacias hidrográficas em estudo. Desta maneira, daremos uma visão geral sobre as características morfológicas, fitogeográfica, condições climáticas e a localização das bacias no Alto Curso do rio Santo Anastácio.

No terceiro capítulo será discutido, de modo conceitual, as interações existentes no meio físico-biológico. Para tanto, observaremos as diferentes escalas de análise a fim de selecionar a mais adequada ao nosso objeto em estudo. Assim, conseguiremos, nos próximos subcapítulos, entender a dinâmica morfológica das vertentes e do canal fluvial dentro do contexto das diversas formas de uso da terra.

O entendimento do uso da terra e a dinâmica morfológica são fundamentais para a análise dos bioindicadores. Sua organização populacional é extremamente dependente dos processos ocorridos a montante, portanto, no subcapítulo 3.3 faremos uma análise conceitual da dependência dos organismos bentônicos aos elementos morfológicos e de cobertura da terra e os seus hábitos alimentares.

Reservamos o quarto capítulo para apresentar todos os procedimentos metodológicos e os materiais utilizados para a coleta de dados no campo, procedimentos laboratoriais, tabulação e construção dos documentos cartográficos e estatísticos tais como gráficos, planilhas e matrizes.

O quinto e o sexto capítulo tratam-se do estudo de caso. No quinto capítulo estudaremos a morfologia e o uso e cobertura das terras nas vertentes das três bacias hidrográficas. Já o sexto capítulo compreenderemos o resultado da dinâmica das vertentes na distribuição das famílias bentônicas dentro dos canais e, desta maneira, a relações entre cobertura e manejo do solo, mata ciliar, canal fluvial e biota bentônica.

“Se parece que sou capaz de ver mais do que aqueles que me antecederam, talvez seja porque eu me apoiei em ombros de gigantes” Isaac Newton.

CAPÍTULO I - EPISTEMOLOGIA: REFLEXÕES FILOSÓFICAS SOBRE O MÉTODO.

1.1 – Introdução: do surgimento da Razão às novas racionalidades do mundo contemporâneo.

Nascida na Grécia, no século V a.C., a Razão marca uma nova era, no mundo ocidental, para o intelecto humano. Em tempos pretéritos as explicações dos fenômenos do mundo eram dadas através dos mitos. Com o surgimento da Razão, de acordo com Vitte (2007), ocorre a “ruptura com o mundo antigo”, pois buscou explicações fora dos dogmas mitológicos (VITTE, 2007).

Segundo o autor, a Razão é uma nova ordem do saber, que universaliza os novos campos do conhecimento e valida os campos da ciência e seus discursos, produzindo os códigos jurídicos, a história e os sistemas filosóficos.

A unificação do Saber parte da filosofia e representa o modo de pensar de uma classe social em ascensão, de acordo com Sartre (1967) ela é a “totalização do Saber contemporâneo” e está sempre em desenvolvimento, jamais tida como passiva ou terminada. Ela por si só já é tida como um método de investigação e explicação. Sartre acrescenta que o método é uma arma política e social.

Toda a filosofia é prática, mesmo aquela que se parece, de início, a mais contemplativa, o método é uma arma social e política: o racionalismo analítico e crítico de grandes cartesianos lhes sobreviveu; nascido da luta, voltou-se sobre ela para esclarecê-la; no momento em que a burguesia se empenhava em solapar as instituições do Antigo Regime, ele atacava as dignificações peremptas que tentavam justificá-las. Mais tarde serviu o liberalismo e deu uma doutrina às operações que tentavam realizar a “atomização” do proletariado. (SARTRE, 1967, p. 10-11)

Podemos entender que a Razão se realiza “por intermédio de sistemas explicativos e de pensamento na qual os discursos possuem uma história e são

socialmente construídos e legitimados e, em cada qual, é socialmente construída uma verdade” (VITTE, 2007). Assim, é inerente a Razão criar novas perspectivas e racionalidade de ciência e de mundo.

Vitte (2007) considera que “a crise é irmã siamesa da Razão”, pois para existir necessita de múltiplas racionalidades, que escapam do controle da classe social que a criou. É a partir da crise que ela se desenvolve e cria novos signos e significados e, aos poucos, outras classes sociais irão se apropriar e modifica-la.

[...] a filosofia permanece eficaz enquanto vive na práxis que a engendrou [...]. Mas ela se transforma, perde sua singularidade, despoja-se de seu conteúdo original e datado, na medida mesmo em que impregna pouco a pouco as massas, para tornar-se nelas, e por elas, um instrumento coletivo de emancipação (SARTRE, 1967, p. 11).

A atividade científica, formada pela universalização do saber, de acordo com Kuhn (1962) *apud* Gregory (1992), “é um processo de tensão variável, no qual períodos tranquilos, caracterizados por acúmulo constante de conhecimento, são rompidos por crises que podem conduzir a reviravolta no objeto de estudo e a ruptura na continuidade” (GREGORY, 1992, p. 75). O autor acrescenta que a ciência não evolui de forma sequencial, em que as gerações antecessoras fornecem um arcabouço teórico-metodológico para a geração subsequente, as crises são períodos onde ocorre a ruptura de paradigmas científicos na busca por respostas.

O pensamento que é elaborado, uma vez estabelecido, vai ser confrontado com um novo pensamento, criando uma tensão entre os dois modos de pensamento. A isso Hegel chamou de processo dialético. Uma afirmação, ou seja, uma posição claramente definida atrai necessariamente uma negação. A tensão entre afirmação e negação leva necessariamente a uma nova posição, superior as duas, mas que contém suas ideias confrontadas, chegando-se a negação da negação. Esses três estágios do conhecimento (a tríade) foram chamados por Hegel de tese, antítese e síntese. (SPOSITO, 2004, p.42)

1.2 – Desenvolvimento sustentável: a crise ambiental e a nova racionalidade contemporânea.

Trazendo a discussão para o presente, as questões ambientais, tão discutidas nos tempos atuais, são exemplo vivo desta racionalidade dialética. Debates são constantemente travados, invadindo o cotidiano e impondo a necessidade de repensarmos o “desenvolvimento econômico”, pois a crise ambiental é fruto da própria acumulação do sistema econômico vigente. O qual subjugou os complexos sistemas ambientais explorando-os de forma irracional.

Vernadskii, na primeira metade do século XX, afirma que o surgimento de homínídeos, possuidores de um exclusivo sistema nervoso cerebral, no final do Plioceno fez surgir na biosfera a espécie *Homo sapiens*, a qual criará a razão potencializando o seu poder de modificação do meio. Por conta desta particularidade o autor conclui que o homem aparece na Terra como um novo fator geológico e faz surgir uma nova era geológica, contudo é só a partir do século XV, segundo o autor, que ocorrem de forma significativa a influencia do homem sobre o meio (TIMASHEV, 2008).

Mas, é na década de 1960 que surgem os primeiros alertas de repercussão mundial. Em 1962 é publicada a obra *Primavera Silenciosa*, da bióloga estadunidense Rachel Carson, na qual ela alerta para os efeitos de pesticidas na avifauna. Nesta mesma década surge o Clube de Roma fundado pelo italiano Aurelio Pacci e o escocês Alexander King, grupo que em 1972 publica o relatório com o título “O limite do Crescimento”, alertando, através de modelos matemáticos para os efeitos e possíveis consequências do desenvolvimento econômico.

Os anos de 1960, de acordo com Gonçalves (2011), foram marcados pelo surgimento de movimentos que tinham como pauta de reivindicação a mudança no modo de vida. Segundo o autor, a um deslocamento nas reivindicações, antes os movimentos se sensibilizavam com a crítica ao modo de produção e acumulação do capital, hoje, a ênfase está na vida cotidiana, no modo em que vive. O autor salienta ainda que:

O movimento ecológico tem essas raízes histórico-culturais. Talvez nenhum outro movimento social tenha levado tão a fundo essa ideia, na verdade essa prática, de questionamento das condições presentes de vida. Sob a chancela do movimento de luta em torno de questões as mais diversas: extinção de espécies, desmatamento, uso de agrotóxicos, urbanização desenfreada, explosão demográfica, poluição

do ar e da água, contaminação de alimentos, erosão dos solos, diminuição das terras agricultáveis pela construção de grandes barragens, ameaça nuclear, guerra bacteriológica, corrida armamentista, tecnologia que afirmam a concentração do poder, entre outras. Não há, praticamente, setor do agir humano onde ocorram lutas e reivindicações que o movimento ecológico não seja capaz de incorporar. (GONÇALVES, 2011, p.12)

Problemas de ordem ambiental, causados pela ação humana no meio ambiente, tais como poluição atmosférica, hídrica, sonora, visual entre outras, estão diretamente e indiretamente relacionadas ao aparecimento e agravamento de muitas doenças, consideradas modernas. Desta maneira, ocorre a necessidade de se discutir novos caminhos para o desenvolvimento econômico e social vinculando-os as dinâmicas ambientais, a fim de diminuir os impactos causados pela evolução socioeconômica.

A década de 1970 é chave para a mudança de paradigmas, tendo em vista o contexto posto. No mesmo ano em que o Clube de Roma publica o seu relatório, ocorre em Estocolmo (Suécia) a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, com a finalidade de dar diretrizes para o desenvolvimento econômico e minimizar seus efeitos na atmosfera. Nesta mesma década, em 1974, foi estabelecida a relação entre o clorofluorcarbono (CFC) e o aumento do buraco na camada de ozônio – sua destruição provocaria uma maior incidência de raios ultravioleta na superfície da Terra.

É neste contexto que o Brasil se insere no debate ambiental. No decênio de 1970, o Estado cria instituições que tem a finalidade de gerir o meio ambiente, medida tomada para atrair recursos financeiros internacionais, tendo em vista a exigência do mercado global. Portanto, a preocupação na preservação ambiental, surge primeiramente pela ação do Estado e não pela ação de movimentos sociais que buscam melhores condições de vida, mas, sim determinada pela política global (GONÇALVES, 2011).

Esta contradição, presente neste novo modo de pensar o mundo, se transformou, segundo Cisotto e Vitte (2010), em possibilidade para novos mercados e criação de novos campos de acumulação, apropriando-se da “consciência ecológica” que surge nesta dissonância.

Segundo Vitte (2007), a contradição do sistema capitalista, abre a possibilidade de criação de novas racionalidades, como supracitado a Razão traz consigo esta possibilidade. Para o autor, estas novas racionalidades são “portadoras de potencialidades utópicas e explicativas, que garante uma esperança para além do próprio

modo de produção e a construção de uma nova Razão explicativa justificadora do mundo” (VITTE, 2007).

1.3 – A Ciência do século VIII: debates que contribuíram para o surgimento da Ciência da Paisagem.

Antes de iniciar a discussão sobre a evolução do conceito de paisagem, cabe buscar na história alguns cientistas que contribuíram, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento deste conceito. Iniciemos então no século VIII, período de grandes debates sobre a distribuição e evolução dos seres vivos, quando muito se temia sobre as interpretações que a Igreja Católica poderia fazer das novas descobertas científicas.

Nota-se esta concepção nas análises de Carolus Linnaeus (1707 – 1778) que relaciona o dilúvio bíblico com a distribuição da vida na Terra. Já o botânico Karl Willdenow (1765 – 1812) questiona Linnaeus, dizendo que não existiu um único ponto de origem, depois do dilúvio, mas vários pontos cercados por águas com diferentes vegetações. Willdenow contraria Linnaeus, mas procura não contrariar a Igreja.

Comte de Buffon (1707 – 1788) fez observações sobre a distribuição das plantas e dos animais no planeta, segundo Buffon, “a vida não se originou numa montanha nas regiões da Eurásia”, como acreditava Linnaeus; influenciado pelos livros bíblicos, “mas numa grande massa continental no extremo norte, num período anterior quando as condições climáticas eram uniformes”, conforme o clima foi se modificando houve a migração da fauna e flora para o sul, ocorrendo com o tempo seu isolamento (BROWN e LOMOLINO, 2006). Apesar de hoje parecer pueril, estas ideias influenciaram uma geração de cientistas, dentre eles Jean-Baptiste Lamarck (1744 – 1829); primeiro cientista a defender a evolução das espécies com argumentos consonantes com as leis naturais.

Johann Reinhold Forster (1729 -1789), influenciado pelos trabalhos de Buffon “descobriu que a lei de Buffon se aplicava tanto a plantas, quanto a mamíferos e aves e todas as regiões do mundo, e não somente aos trópicos. [...] descreveu a relação entre floras regionais e condições ambientais, e como as associações animais mudavam com a vegetação” (BROWN e LOMOLINO, 2006, p. 16). Forster, também comparou a diferença quantitativa da vegetação insular das existentes no continente, observou também o papel das latitudes na distribuição da vegetação no planeta.

O naturalista britânico Charles Robert Darwin (1769 -1882), questiona as ideias de Lamarck e em 1838 desenvolve a teoria da Seleção Natural que fará parte do livro publicado em 1859 com o título “A Origem das Espécies”, no qual parte do pressuposto de que o homem e o macaco possuem um ancestral comum. Teoria que provocou acalorados debates dentro e fora da comunidade científica. Dentre as discussões o debate sobre a criação do homem narrado pelos livros sagrados cristãos e a teoria em questão, “a descida da árvore”.

As teorias evolucionistas de Darwin são contemporâneas à sistematização da Geografia como ciência, segundo Moraes (1998), estas teorias “forneceram o patamar imediato da legitimação científica dessa disciplina”. As novas compreensões científicas davam destaque ao papel das condições ambientais para a evolução das espécies, elas partiam do pressuposto de que a adaptação ao meio ambiente é fundamental para a existência de qualquer organismo. Ernst Haeckel (1834 – 1919), foi um dos maiores difusores da teoria evolucionista de Darwin, foi ele que em 1869, desenvolveu o conceito de Ecologia, que mais tarde seria muito citado pelos geógrafos.

Segundo Passos (2006), “Esse encaminhamento preparatório desenrola-se, sobretudo, na Alemanha, fortemente marcado de naturalismo, pelas contribuições de Alexandre von Humboldt (1769 – 1859), de Ritter e de Ratzel na abordagem da Natureza” (PASSOS, 2006, p. 41). A boa aceitação no meio acadêmico das ideias evolucionistas foi responsável pela introdução de metodologias naturalistas dos primeiros geógrafos (MORAES, 1998, P. 40). Nesta época surgiram na Europa às primeiras cátedras de Geografia, 1821 em Paris – França; 1828 em Berlim – Alemanha e 1830 em Londres na Inglaterra.

1.4 – Escola Russo-Soviética e suas influências: desenvolvimento do conceito de paisagem e a singularidade da concepção geossistêmica.

De acordo com Rodriguez, Silva e Leal (2012), os trabalhos de Humboldt, foram fundamentais para a formulação dos fundamentos do conceito de paisagem nas ciências geográficas, em uma época em que os estudos tinham como principal preocupação a descrição dos lugares. Todavia, tiveram importância basilar as ciências biológicas e seus estudos ecológicos neste período e em todo o desenvolvimento desse conceito.

Nas ciências biológicas, na segunda metade do século XIX, surgem, na Alemanha, conceitos ecológicos que irão colaborar para os estudos da paisagem. Neles estão o próprio conceito de ecologia; criado pelo zoólogo alemão Haeckel em 1869 e o termo biocenose; desenvolvido em 1877, pelo biólogo Karl Möbius, também na Alemanha. Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007), no último decênio do século XIX, a ciência ecológica se divide em ecologia das espécies (auto ecologia) e ecologia das comunidades (sinecologia).

A concepção de paisagem geográfica como conceito científico surge em meado do século XIX com Humboldt, época que se estabelece o início da Geografia como ciência; incluindo a Geografia Física, período dos primeiros estudos que integraram os fenômenos naturais. Humboldt generalizou a lei de Buffon para todos os vegetais e para boa parte dos animais terrestres. Notou também que os estudos de Forster, que relacionou vegetação com as latitudes, poderia ser aplicada também em condições altimétricas na escala do local.

Diferentemente do que ocorreu em países da Europa, a Rússia, no primeiro momento, não formou uma escola específica, apesar de nela existirem vários geógrafos formados. Assim, as ideias de Humboldt foram aplicadas de forma literal na Escola Russo-Soviética, em vigorosos trabalhos de campo (MORAES, 1998, p. 50).

As transformações econômicas e sociais ocorridas na Rússia entre os anos de 1860 e 1890, tais como a anexação da região do Cáucaso e de países da Ásia Central e as consequências dos desastres naturais na agricultura torna o papel do geógrafo importantíssimo para o Império Russo entre os anos de 1860 e 1870 (FROLOVA, 2001, 2007).

[...] os geógrafos começam a desempenhar um papel importante (como anteriormente os geólogos, botânicos e militares) na investigação de meio para resolver os problemas econômicos do país e trazer à luz, de uma maneira científica, os seus vastos espaços ainda pouco estudado, em especial as estepes da Ucrânia e da Sibéria meridional, as regiões do Cáucaso e da Ásia Central. A Sociedade da Livre Economia um programa de estudos exaustivos dos recursos naturais no sul da Rússia e a sua avaliação será realizada em 1880 – 1890 por numerosas missões científicas. Assim, a geografia passa gradualmente de uma disciplina que se baseia essencialmente na estatística descritiva para outra que engloba os diversos eixos do espaço de um ponto de vista mais sintético (FROLOVA, 2001, p. 4-5).

A Escola Alemã de Geografia influenciou muitos geógrafos russos da segunda metade do século XIX. Neste período surge na Rússia, influenciado pelas ideias europeias, a geografia comparada, introduzida pelo Piotr Petrovitch Semienov (1827 – 1914), aluno de Humboldt e Ritter, dos quais recebeu virtuosas influências. No mesmo momento outras duas grandes correntes no estudo da natureza são criadas, Dmitri Nicolaïevitch Anuchin (1843 – 1923) cria a escola das “regiões morfológicas”, afirmando que a Geografia Física tem como objetivo estudar as esferas terrestres e como elas se relacionam. Por fim, as interpretações de Vasily Dokuchaiev (1846 – 1903), apesar de não utilizar o termo *Landschaft* (Paisagem), formou a base para a ciência da paisagem na Rússia apoiando-se em duas correntes científicas: 1) de que a natureza é única, contínua e indivisível e 2) o solo é um corpo natural específico (FROLOVA, 2007).

(Dokuchaiev) [...] propõe uma abordagem revolucionária que examina o solo como um objeto distinto que se desenvolve num processo de interação entre as componentes abióticas e bióticas de um complexo espacial, mas também considerando o homem. Além disso, coloca a questão da abordagem histórica dos solos e das zonas geográficas em geral. [...] o solo é, ao mesmo tempo, um corpo natural e histórico, cada zona geográfica representa igualmente a região genética, ou seja, formado durante um processo histórico; logo, é necessário estudá-lo do ponto de vista da viabilidade da natureza no tempo e no espaço. **Essa nova abordagem fortaleceu as interações ente a vegetação, o relevo, a geologia, o clima e a atividade humana** e orientou a geografia russa para análise sintética da paisagem e a história de sua formação (FROLOVA, 2007, p. 162) (grifo nosso).

Segundo Passos (2006), a origem das Ciências da Paisagem, na escola russa, ocorre no final do século XIX, com o nome de Geografia Física Complexa, influenciado pela Edafologia científica, tendo como principal expoente o edafólogo russo Dokuchaiev. Seus estudos conduziram a mudança de paradigma nos estudos pedológicos, afirmava que a variação, no tipo de solo, esta vinculada a interação dos elementos climáticos, material de origem, forma do relevo e o tempo de formação, “reconheceu o solo como um corpo dinâmico e naturalmente organizado que pode ser estudado por si só, tal como as rochas, as plantas e os animais” (LEPSCH, 2002, p. 7). Na visão de Dokuchaiev a essência da ciência da natureza deve estar vinculada ao estudo destas relações e interações regulares (FROLOVA, 2001).

Na primeira fase do desenvolvimento da Ciência da Paisagem, na Escola Russo-Soviética e mais tarde a Escola Siberiana (figura 1), conforme salienta Passos (2006)

são definidos os complexos naturais ou físicos considerando que os elementos naturais não estão distribuídos de forma desigual na superfície do planeta, todavia, mantém constantes interações entre si.

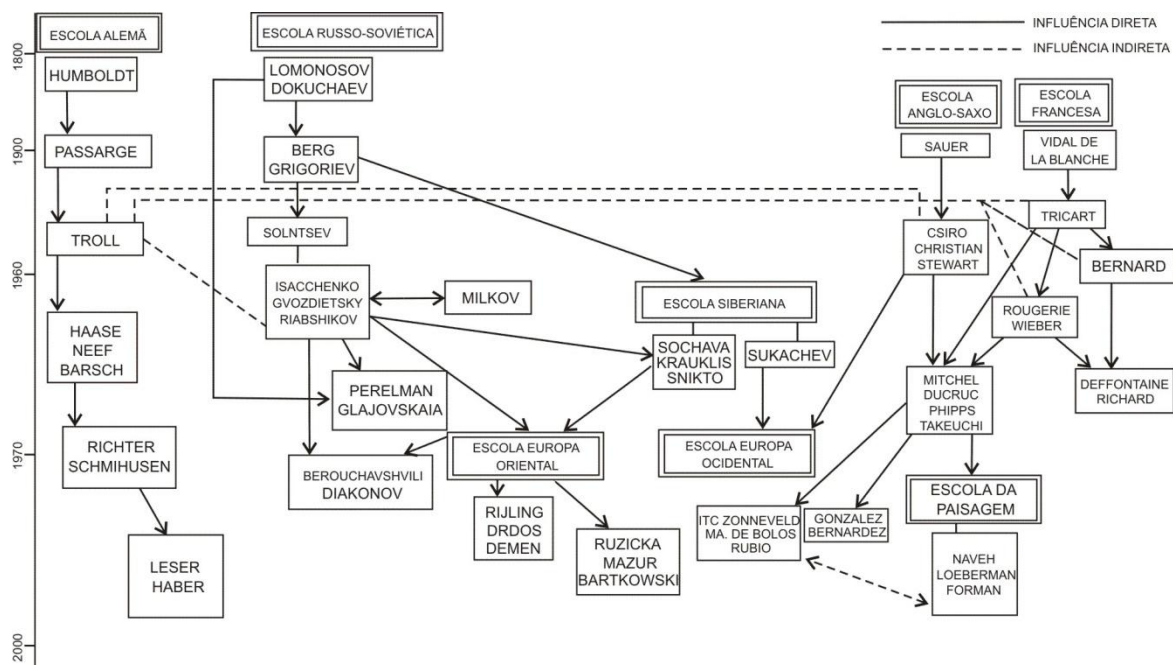


Figura 1. Evolução histórica da Ciência da Paisagem (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007 p. 21).

Em termos de autores, o final do século XIX e início do século XX, na escola Russo-Soviética, foram de grande importância para as transformações epistemológicas. Os tipos e os complexos geográficos, estudos do botânico e geógrafo A. N. Krasnov no ano de 1895, eram resultados de combinações específicas de fatores naturais (clima, relevo, processos geodinâmicos e cobertura vegetal). Já em 1904, G. N Vyssotski, propõe o ecótono como objeto da geografia física (FROLOVA, 2001).

Em 1907 Aleksandr Aleksandrovich Kruber, importante geógrafo da escola fundada por Anuchin, publica suas concepções sobre paisagem que irão permanecer na geografia russa durante os anos de 1930 a 1990, sua visão é concordante com a escola na qual ele faz parte, pois dá importância para a descrição e análise da superfície da Terra e as interações dos fenômenos particulares e suas singularidades. No ano seguinte, em 1908, influenciado pelo geógrafo F. Ratzel, E. Reclus e Krasnov, A. A. Borzov coloca a seguinte afirmação: “a geografia é uma ciência das paisagens, que são, ao mesmo tempo, conjuntos de elementos físicos e “quadros” harmoniosos da natureza” (FROLOVA, 2001).

É neste primeiro decênio do século XX, que Vladimir Ivanovich Vernadski (1863-1945), propõe uma visão diferente para entender a paisagem. Esta nova compreensão teve como fundamentos a lei periódica dos elementos químicos e as concepções de fluxos de matéria. Assim, o meio ambiente foi compreendido através da ideia de continuidade dos processos geoquímicos. Segundo Frolova (2007), a geoquímica ao estudar a origem, distribuição e interação dos elementos químicos, nas diversas esferas terrestres, tenta aprofundar os problemas teóricos existentes dentro da geografia. “Em 1906 Vernadski publica sua obra de concepção científica do mundo, na qual propõe a noção nova de biosfera” (FROLOVA, 2007, p. 164).

Mas, é só a partir de 1913 que ocorre a primeira definição científica de paisagem, esta definição aparece nos trabalhos de Lev Semionovtch Berg. O autor no ano de 1915 publica a obra “*Objeto e problemas da geografia*” onde trabalha as concepções de Dokuchaiev e a cronologia de A. Herrner mostrando a paisagem “como um objeto integrador da geografia, que marca a sua especificidade em relação às outras disciplinas e representa a finalidade dos seus estudos”. Desta maneira consegue propor como objeto da geografia as unidades espaciais de diferentes escalas (FROLOVA, 2001).

Escolhendo para a sua concepção a palavra de origem alemã *Landschaft*, Berg define a paisagem como uma região na qual as particularidades do relevo, do clima, das águas, do solo, da vegetação e da atividade antrópica são organizadas num conjunto geográfico harmonioso, de acordo com um modo que pode repetir-se dentro de uma mesma zona geográfica. Essa nova interpretação da paisagem possui três características importantes. Primeiramente, a paisagem é considerada como uma unidade homogênea. Em segundo lugar, a identidade das paisagens diferentes revela-se na semelhança das suas composições. Por último, a paisagem de Berg engloba os elementos do ecossistema e a atividade do homem (FROLOVA, 2007, 163).

Através dessa concepção, que entendia a natureza como uma totalidade, foi elaborado o conceito de paisagem natural (*landschaft*), sendo possível estudá-la como “complexos territoriais originais” entendendo-a como unidades naturais que se subordinam mutuamente, esta ideia traz na sua essência a descontinuidade espacial. Todavia, esta concepção, sem equívoco, pode ser analisada como “região geográfica” na qual, ligada a ideia de continuidade, estuda as repetições da mesma paisagem na superfície terrestre (FROLOVA, 2007). Por apresentarem limites precisos foi possível identificar, classificar e mapear as paisagens naturais a fim de compreender e propor

usos de forma mais planejada para a utilização das terras, criando “sistemas de unidades taxonômicas para identificar as paisagens em diferentes escalas” (RODRIGUEZ, SILVA E LEAL, 2012, p. 252).

Outra contribuição de Berg à ciência da paisagem foi a discussão sobre o papel transformador do homem no meio e como estudar esta interação. Influenciado pelas ideias de Anuchin, Berg “considerava o homem como parte integrante da paisagem, no início da sua carreira científica, mas alterou seguidamente o seu ponto de vista original” (FROLOVA, 2007). Em seus trabalhos na década de 1930, distingue desenvolvimento histórico complexos (dinâmica sazonal) dos efeitos da ação antrópica sobre a paisagem (processos) (PASSOS, 2006). Já Vernadski considerava a ação antrópica tão importante quanto às outras forças da natureza (geológicas e geoquímicas), tendo em vista que as atividades humanas desempenham um importante papel nos processos de trocas energéticas e bioquímicas (FROLOVA, 2007).

Pós a insurreição bolchevique em outubro de 1917, o estudo da paisagem sofre a interferência da ideologia marxista (socialismo científico) e é direcionado para uma visão utilitarista da paisagem e, segundo Frolova (2007), servindo como caução científica para o Estado Soviético na transformação da natureza. A geografia assume, portanto, papel fundamental para a União Soviética e manutenção do regime. É ela que irá abastecer o Estado de conhecimentos técnicos para a planificação do território. Desta maneira, mesmo cheio de conteúdo ideológico, procurará passar um ar de neutralidade científica.

Esta prática é intensificada com Stálin, quando em 1927 torna-se dirigente supremo soviético e cria, dentro da União Soviética, “um sistema altamente autoritário e burocratizado” (REZENDE, 2003, p.243). Hobsbawm (1995) acrescenta que: o mundo socialista possuía um sistema político singular, não existente em outra parte do globo, sua estrutura basilar era composta por um partido único, autoritário e fortemente hierarquizada, “que monopolizava o poder do Estado [...], às vezes praticamente substituíva o Estado [...] impondo uma única ideologia marxista-leninista compulsória aos habitantes do país” (HOBSBAWM, 1995, p. 365). A partir desta concepção, recusam qualquer análise social, repudiando as concepções geográficas que eram entendidas como parte da geografia burguesa.

A influência do regime político tem-se referido sobretudo, e em primeiro, ao domínio específico da geografia que estudava a relação das sociedades e dos seus meios e a distribuição espacial dos fatos

humanos. Com efeito, muito rapidamente a geografia na Rússia divide-se em duas grandes partes cada vez mais separadas uma da outra: a geografia física e a geografia econômica. A segunda será desfavorecida pelo regime comunista, dado que a interpretação do papel e os fatores de desenvolvimento da sociedade será doravante um negócio ideológico. O elemento antropogeográfico desaparece das obras geográficas já em 1930 (FROLOVA, 2007, p. 166).

Assim, a singularidade da Escola Russo-Soviética estava em sua concepção ideológica, influenciada pelo marxismo clássico e ortodoxo. Tinha como base filosófica o Materialismo Dialético, desta maneira, entendia que a paisagem era formada por pares dialéticos tanto no todo quanto nas partes, porém, as partes eram compreendidas pelos seus elementos naturais; que através das interações dinâmicas geram a paisagem natural, sendo esta uma totalidade e as interações entre esta paisagem e a sociedade; “considerada como contrários dialéticos a nível mega objeto” (RODRIGUEZ, SILVA e LEAL, 2012, p. 252). Entre os precursores desse pensamento estão D. L. Armand, A. A. Grigoriev, A. G. Isachenko, S. V. Kalesnik, V. S. Prebrazhenskii, A. M. Riabchikov, V. B. Sotchava, N. K. Solntsev e I. P. Gerasimov (PASSOS, 2006, p. 44).

O controle da natureza exigia métodos novos de investigação. Desta forma a paisagem começou a ser estudada através de ferramentas de aferição quantitativas (massa, volume, índices, energia, migração de elementos químicos etc.) (FROLOVA, 2007). Na Escola Russo-Soviética, no início dos anos de 1930, se desenvolvem os estudos sobre a morfologia da paisagem, caracterizada por um pensamento muito mais próximo das “ciências ‘duras’, Física ou Matemática” ou geofísica, ficando cada vez mais distante das ciências da natureza. Neste período, Andrey A. Grigoriev propõe, para estudar o Complexo Natural Territorial, o balanço dos fluxos de matéria e energia e como eles intervêm na dinâmica da paisagem (PASSOS, 2006).

Grigoriev acreditava que era “impossível estudar a fisionomia da paisagem sem analisar o seu conteúdo material, que pode ser expresso em fórmulas e equações” (FROLOVA, 2007). Também afirmava que: para entender o estado atual da paisagem era necessário introduzir na análise a dinâmica temporal, pois os processos evidenciados no presente são produtos de uma longa história (FROLOVA, 2007).

Segundo Passos (2006) o conceito de paisagem, como objeto de pesquisa, consegue sua maturidade científica graças ao desenvolvimento de outras ciências e técnicas de análise externas à geografia. Dentre elas, o autor destaca o desenvolvimento das pesquisas de “ponta” em especial a biologia, o progresso dos estudos ecológicos, o

desenvolvimento da teledetecção, popularização de tecnologias para o tratamento de informações matemáticas e o próprio desenvolvimento dos estudos integrados da paisagem.

Fora do mundo socialista, na Inglaterra, o biólogo Sir Arthur George Transley (1871-1955), em 1935 cria o conceito de ecossistema, porém, de acordo com Odum (2010) o conceito é bem mais antigo, surge paralelamente, no século XIX, em diferentes publicações estadunidenses, europeias e russas.

[...] em 1877, Karl Mobius escreveu (em alemão) sobre a comunidade de organismos num recife de ostras como uma “biocenose”, e, em 1887, o americano, S. A. Forbes escreveu seus ensaios clássicos sobre o lago como um “microcosmo”. O pioneiro russo V. V. Dokuchaev (1846-1903) e seu discípulo principal G. F. Morozov (que se especializava em ecologia florestal) enfatizaram o conceito da “biocenose”, vocábulo posteriormente expandido por ecologistas russos para “geobiocenose” (ODUM, 2010, p. 9).

Para compreender as interações do meio biótico com o seu meio abiótico, a Ecologia desenvolve, dentro do seu arcabouço teórico metodológico, o conceito de ecossistema que será entendido como unidade funcional básica para os estudos ecológicos (ODUM, 2010, p. 9). Segundo Rodriguez e Silva (2013, p. 25) “os ecossistemas das biocenoses são complexos (biocêntricos) em que o meio natural e seus antecedentes abióticos são considerados do ponto de vista das suas relações com o organismo”.

Ao estruturar esse conceito fez surgir como disciplina científica a ecologia, pois a partir de então esta visão biocêntrica começa analisar o meio através do “intercâmbio dos seus fluxos de matéria, energia e informação e as relações funcionais entre o biocentro [...] e seu entorno” (RODRIGUEZ, SILVA, 2013, p. 64-5), segundo os autores, com a incorporação da dimensão espacial ao conceito de ecologia, foi possível raciocinar novos conceitos.

O conceito de ecossistema é definido como uma abstração, como um sistema de componentes biofísicos e abióticos que estão estrutural e funcionalmente inter-relacionados. Predominou a visão dos ecossistemas como unidade funcional, como unidades sem dimensão, incluindo desde uma folha de árvore até o planeta Terra inteiro. Assim, o termo ecossistema foi uma alternativa para o conceito de comunidade biológica, uma vez que a concepção de planta e animais foi estudada separadamente do meio físico (RODRIGUEZ, SILVA, 2013, p. 64).

A Teoria Geral dos Sistemas é proposta, em 1937, pelo biólogo Ludwig von Bertalanffy, mas só se populariza entre as outras ciências na década de 1950. Esta teoria, apesar de ser aplicada à biologia, tem importância crucial para o desenvolvimento dos conceitos geográficos nas análises da paisagem, ela servirá como alicerce para a concepção sistêmica no estudo deste conceito.

Em 1939, o doutor em botânica e geógrafo alemão Carl Troll desenvolve o termo Ecologia das Paisagens utilizando fotografias aéreas nos estudos sobre a ecologia e a geografia de montanhas. Troll contribuiu com o estudo da paisagem ao incorporar os conceitos ecológicos em seus estudos, “foi ele que definiu ecótopo como a extensão do conceito de biótopo à totalidade dos elementos geográficos, muito especialmente os abióticos, desenhando, dessa maneira, o futuro conceito de ‘geossistema’” (PASSOS, 2006, p. 42).

Em 1963, Troll alterou a definição de ecologia da paisagem, definida como disciplina científica e relacionada com os estudos das inter-relações complexas entre a biocenose e o meio que existe em diferentes áreas da paisagem, e utilizando o conceito de Transley em ecossistema (RODRIGUEZ, SILVA, 2013, p. 65).

Em 1966 o termo cunhado por Troll foi renomeado como Geoecologia, todavia não houve perda conceitual na sua essência de ciência dos complexos naturais. A concepção de inter-relações entre os seres vivos e seu meio uniu dois enfoques importantes, o paisagístico; que estuda as diferenciações espaciais na superfície terrestre e suas relações, e o biológico-ecológico; que estuda as inter-relações funcionais dos complexos naturais com o sistema ecológico (TIMASHEV, 2008).

O geógrafo alemão Carl Troll, propôs criar uma ciência sobre os complexos naturais entendidos como paisagem e, formados pelas interações entre os seres vivos e seu meio. Inicialmente designou essa disciplina científica com o termo de “Ecologia da Paisagem”, em 1939, e depois a nomeou em 1966, como “Geoecologia”. Troll considerou que a Geoecologia conjugava em si dois enfoques: o próprio enfoque paisagístico que estuda a diferenciação espacial da superfície terrestre, em interação entre os fenômenos naturais, e o enfoque bio – ecológico, que investiga as inter-relações funcionais dos fenômenos e complexos naturais como sistemas ecológicos. Considero como uma “eco-ciência” complexa sobre a Terra e a vida que nela se desenvolve (RODRIGUEZ, SILVA e LEAL, 2012, p. 253).

Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007), para construir o arcabouço teórico da ciência da Geoecologia da Paisagem, Troll centraliza os estudos nos aspectos espaço-funcional, isto é, parte do pressuposto de que os elementos constituintes da paisagem interagem uns com os outros em um ciclo biótico e abiótico.

De acordo com Rodriguez, Silva (2013, p. 64). Vladimir Nicolaevich Sukachev, importante geógrafo e geobotânico russo, cunhou em 1942 o conceito de biogeocenose, “[...] onde introduziu a ideia sobre a unidade do conjunto de organismos com o meio inorgânico. A transformação da energia como base do funcionamento dos sistemas ecológicos” (RODRIGUEZ, SILVA E CAVALCANTI, 2007, p. 19), seu conceito influenciou diretamente a Escola da Europa Ocidental e o próprio conceito de Geossistema criado por Sotchava na década de 1960 (figura 1).

Pós a segunda grande guerra, o conceito de paisagem, da Escola Russo-Soviética foi difundida nos países da Europa Oriental (figura 1), dentre eles podemos destacar a Polônia, Checoslováquia e a República Democrática da Alemanha. Por conta da incorporação dos territórios do Leste Europeu e formação das regiões autônomas a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), pós Segunda Guerra Mundial, houve a incorporação de alguns elementos do conceito de paisagem desenvolvido na Escola Alemã, dentre eles a visão culturalista (RODRIGUEZ, SILVA e LEAL, 2012; RODRIGUEZ, SILVA, 2013).

Os estudos geográficos que possuem como objetivo oferecer uma base científica para a exploração do homem sobre os recursos naturais, modificação da paisagem e transformação da economia terá seu auge na década de 1960. Neste período o mapa não é mais entendido como objetivo do estudo geográfico para entender o meio, são necessários, neste momento, gráficos e quadros que demonstrem o dinamismos temporal das variáveis geográficas (FROLOVA, 2007, p. 167).

A década de 1960, como já supracitado, foi o período que surge o movimento ambientalista no mundo. Neste decênio começa-se a dar mais importância às questões ambientais e sua repercussão no cotidiano dos seres humanos. Assim, a sociedade cria a necessidade de entender, de forma clara, precisa e integrada as consequências ambientais do consumo e do desenvolvimento econômico de nossa sociedade.

Assim, os anos 1960 foram um divisor de águas para a Ciência da Paisagem. Neste decênio muda-se a maneira de se estudar a paisagem, deixa-se de compreendê-la como apenas complexos naturais e passa-se a analisá-la como complexos sistêmicos. Esta mudança de concepção surge na Escola Siberiana de Geografia, onde Viktor

Borisovich Sotchava, então diretor do Instituto de Geografia da Sibéria e do Extremo Oriente; em Irkustk, define o termo e a noção de Geossistema em 1963 (PASSOS, 2006; RODRIGUEZ, SILVA E CAVALCANTI 2007; RODRIGUEZ, SILVA E LEAL 2012).

Analisar a paisagem de forma sistêmica foi um avanço cognitivo exigido pela demanda social (RODRIGUEZ, SILVA 2013). Esta afirmação se explica pelo contexto histórico em que ela surge na União Soviética. “As novas abordagens são dificilmente adaptáveis a uma concepção que totaliza a paisagem, proposta durante a primeira metade do século XX. Os acervos conceituais e as metodologias elaboradas em matéria de paisagem não correspondem mais a essa nova esfera” (FROLOVA, 2007, p. 167), desta maneira a ideia de paisagem, posta em discussão até o momento, não consegue mais explicar de forma sintetizada seu objeto, fato que se dá por conta da especialização de cada disciplina dentro da Geografia e pela quantidade de informações obtidas por dados experimentais.

Um elemento essencial da teoria geossistêmica desenvolvida por Sotchava foi considerar os espaços ou paisagens naturais (também conhecidos como complexos territoriais naturais) como Geossistemas. Isto é, ele realizou uma interpretação sistêmica das entidades que foram estudadas, classificadas e sistematizadas por mais de 50 anos pelos geógrafos alemães, russos e soviéticos (RODRIGUEZ, SILVA, 2013, p. 91).

Interpretar a paisagem de forma sistêmica se fez necessária por conta dos novos paradigmas de preservação ambiental e surgimento de novas relações de consumo, a demanda por um “desenvolvimento sustentável” necessita de conhecimento capaz de avaliar o impacto dos empreendimentos humanos. O avanço técnico, científico e informacional deu à sociedade pares contraditórios de desenvolvimento, pois aumentou o poder de destruição ambiental, mas, trouxe o conhecimento e a habilidade de entender de forma sistêmica as relações dos elementos do meio ambiente (estrutura, função, dinâmica e evolução), conseguindo assim, planejar, gerir e prevenir impactos ambientais (RODRIGUEZ e SILVA, 2013).

Esta crise metodológica, segundo Rodriguez, Silva e Leal (2012), ocorre por conta do objetivo dos estudos da paisagem. Primeiramente o interesse no estudo da paisagem ocorreu para criar procedimentos de identificação, classificação e cartografia das unidades da paisagem. Estudos que se faziam necessários para reunir informações sobre a organização espacial do meio ambiente, a fim de dar valor aos recursos naturais

e conhecer suas potencialidades. Todavia, não se preocupavam em relacionar todos os elementos do meio de forma dinâmica e sistêmica, faziam seus estudos na interação de explicar fenômenos específicos da paisagem, não havendo, portanto, uma visão holística sobre ela.

Na segunda metade do século XX ocorre a ruptura dos paradigmas científicos em diversas áreas das ciências. A ciência inicia seus questionamentos sobre a concepção mecanicista. Desta maneira, neste período surgem, segundo Rodriguez e Silva (2013), a Teoria da Complexidade, a ideia de Gaia, a Doutrina do Caos e dos Fractais, esta última teoria introduz dentro da teoria sistêmica a concepção de instabilidade dinâmica.

Ilya Prigogine, responsável por essa mudança de paradigma, entende que os sistemas instáveis são os mais frequentemente observáveis na natureza, ao contrário do que pensavam os cientistas de sua época. Para Prigogine a “reformulação das leis fundamentais da física com base evolutiva [...] deve incorporar o indeterminismo, a ‘assimetria do tempo’ e a irreversibilidade” (MASSONI, 2008).

[...] Existem, todavia, uma classe de sistemas dinâmicos para os quais uma pequena perturbação inicial sofre ampliação ao longo do tempo, ou seja, trajetórias que correspondiam a condições iniciais muito próximas divergem exponencialmente no tempo. Esses sistemas apresentam sensibilidade às condições iniciais e são chamados de sistemas dinâmicos instáveis. O Caos é um exemplo extremo de sistemas dinâmicos instáveis (MASSONI, 2008).

A teoria geossistêmica trouxe uma nova concepção metodológica no estudo da paisagem, através de um arcabouço conceitual que define o geossistema como “um sistema **natural**, de nível local, regional ou global, no qual o substrato mineral, o solo, as comunidades de seres vivos, a água e a massa de ar, são conectados por trocas de matéria e energia, em um só conjunto” (FROLOVA, 2007, p. 167, grifo nosso). Conceito que só foi possível ser cunhado após o surgimento da Teoria Geral dos Sistemas e da evolução dos estudos termodinâmicos, geoquímicos e geofísicos.

O aparecimento do conceito de geossistema, proposto por Sotchava, no final dos anos de 1960, que pressuporia interpretar a paisagem e todo o seu instrumento teórico acumulado por mais de 100 anos de estudo, desde uma visão sistêmica, foi um passo importante em integrar a dimensão espacial com a funcional, dando origem à escola siberiana da paisagem (variante da escola russa) e a escola europeia-oriental. (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007, p. 20-22)

Mais tarde, na França, aparecem trabalhos utilizando e readaptando esse novo conceito geográfico desenvolvido por Sotchava. Ocorre uma ruptura de paradigma na Europa, a paisagem já não é mais entendida como uma “simples adição de elementos geográficos disparatados” e sim “o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns com os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução” (BERTRAND, 1971). A escola francesa, influenciada pelo desenvolvimento da escola Russo-Soviética e, principalmente, pela escola Siberiana, muda o modo analisar a paisagem e modifica o conceito de geossistema.

Todavia, muito se publicava na Escola Russo-Soviética. Os estudiosos da Morfologia da Paisagem tais como Nicholas Adofovich Solntsev; um dos percussores do conceito de paisagem regional e Anatoly Isachenko utilizaram o balanço de fluxo de energia dos estudos de Grigoriev para entender a dinâmica da paisagem (PASSOS, 2006).

Com a consolidação da concepção ambiental na década de 1970 no mundo e a institucionalização desta ideia no Brasil surge a necessidade, dentro das escolas geográficas do mundo inteiro, de integrar as correntes geográfica e ecológica (funcional) nos estudos da paisagem. O conceito de geossistema contribuiu para essa evolução na análise geográfica, pois apresenta o arcabouço teórico metodológico para o estudo de possíveis impactos causados pelo desenvolvimento de grandes empreendimentos, crescimento urbano, implantação de atividades agrícolas ou mesmo avaliações de potencial de recursos ambientais e/ou biológico (RODRIGUEZ, SILVA e LEAL, 2012, RODRIGUEZ, SILVA, 2013), enfim, da relação conturbada entre o Homem e a Natureza.

Os geógrafos russos e alemães incorporaram, a partir da década de 1980, as novas concepções exigidas pelo contexto histórico, introduzindo à teoria sistêmica os conceitos de sustentabilidade e de desenvolvimento sustentável. Estes novos paradigmas trouxeram consigo a necessidade de aplicação e estudo de monitoramento ambiental, utilizando ferramentas e modelos de medição quantitativa (RODRIGUEZ, SILVA, 2013). Os novos conceitos exigem uma nova postura da sociedade em seu relacionamento com a Natureza e a mudança no uso que se faz dela. Segundo os autores estes novos conceitos trouxe uma nova fase a Geografia sendo seus precursores os cientistas Isachenko, Rodriguez; Silva e Cavalcanti, Alekseev, Diakonov *et al.*, Diakonov & Mamai, e Rijling.

A década de 1990 foi palco de grandes debates sobre o meio ambiente local e planetário, reuniões de Chefes de Estados que veio se intensificando desde a década de 1970, justificada pela crise ambiental global. Esta realidade exigiu dentro do ambiente acadêmico, maior empenho em analisar de forma integrada os elementos da paisagem e as mudanças provocadas pela ação humana. A crise ambiental obriga a Geografia a “remeter a natureza como ponto de partida” em suas análises e a “humanização das ciências obriga a ver a relação sociedade natureza de forma dialética” (RODRIGUEZ, SILVA e LEAL, 2012, p. 254).

1.5 – Geossistema: influência teórico–metodológica da teoria geral dos sistemas na geografia

O espaço geográfico é compreendido como espaço produzido socialmente, obra do trabalho e das relações estabelecidas pela sociedade ao longo do tempo, fruto da relação sociedade – natureza e reflexo das características do modo de produção atuante. Assim, todos os elementos da sociedade e o meio físico natural, estão submetidos à lógica de produção e acumulação do sistema econômico vigente. Isto significa dizer que toda a atividade produtiva gera impactos ambientais, sendo em maior ou menor grau de intensidade, conforme a organização e recursos deste espaço, tanto nas paisagens rurais quanto nas urbanas.

[...] a existência de uma estrutura e funcionamento próprio dos corpos naturais, e também, o fato de que o estado paisagístico destes corpos naturais é determinado pelo sistema de produção econômica e cultural, cujos efeitos variam de acordo com as formas de produção e a diversidade dos grupos sociais. São assim, verdadeiros espaços naturais que as sociedades transformam para produzir, habitar, viver e sonhar. [...] o fator paisagístico desses corpos naturais é determinado pelo sistema econômico e cultural, cujos efeitos variam de acordo com as intervenções econômicas e atividades dos grupos sociais [...] (RODRIGUEZ, SILVA, 2013).

Estas atividades e relações estabelecidas no espaço ocorrem nas estruturas geológica, geomorfológica, pedológica, enfim, natural que sofre todo o impacto desta dinâmica social. Assim, entenderemos a paisagem como um sistema aberto em constante modificação, que evolui naturalmente e sofre transformação pela ação humana.

Nesta compreensão, partiu-se de um conjunto de axiomas para o estudo da paisagem e, a partir deles, entender que a paisagem é sistêmica, hierarquicamente organizada, evolutiva ao longo do tempo e contínua, composta de inúmeros elementos que se relacionam entre si, formando um todo único e integral em constante modificação, onde os níveis inferiores refletem as propriedades dos sistemas superiores, não havendo uma ruptura ou isolamento entre as paisagens, mas sim, uma estrutura contínua (terrestre e aquática), a qual condiciona e é condicionada pela presença da biota e das atividades humanas. (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007 p. 29).

1.5.1 – O homem e o Meio

Bolòs (1981) entende que o objeto de estudo da Geografia é a superfície terrestre, estruturada de forma dinâmica em um enorme sistema de interconexões de elementos físicos e biológicos. Para a autora é nesta estrutura em que vive o homem como um ser biológico membro do ecossistema e pertencente a uma cadeia trófica. Entretanto, possui características que lhe são singulares, dentre elas, está a capacidade de organizar o meio em que vive, dispõe de ferramentas que alteram o meio ambiente, capacidade de utilizar diferentes fontes de energia, aguçada capacidade de locomoção, transporte e comunicação.

Para Tricart (1977):

Os recursos ecológicos são elementos do meio ambiente necessários à vida animal do Homem, ou seja, ao metabolismo de seu organismo: alimentos, fornecidos pelas plantas e pelos animais, água, ar. Podem chamar-se recurso básico, por serem estritamente indispensáveis. Um homem pode viver sem aço ou sem petróleo, mas não sem água, sem ar, sem alimento. Isto é evidente. Mas infelizmente, é frequente a instalação de fábricas que destroem meio ambientes e torna a vida humana quase impossível, para atender uma finalidade econômica (TRICART, 1977, p.15).

Podemos afirmar que o homem faz parte do sistema ambiental, o qual mantém uma relação recíproca de transformação. Ao agir sobre o meio ambiente, o homem modifica a dinâmica ambiental existente e por consequência produz a necessidade de se adaptar. Esta afirmação é facilmente notada na vida cotidiana em áreas urbanas e rurais, como as técnicas de conservação de solo, plantações em terraços para a retenção de

água em áreas com ausência da vegetação nativa ou comportas para evitar inundações em construções em regiões de várzea.

[...] a partir da modificação da cobertura vegetal modificamos a pedogênese etc. Modifica-se a cobertura vegetal de uma bacia com a finalidade puramente agrícola, e nesse momento modifica-se o regime dos rios e uma cidade carece de água, vendo-se obrigada a construir uma represa artificial para se abastecer (TRICART, 1977, p.33).

Desta forma, a dinâmica da paisagem contemporânea foi estudada, neste trabalho, como uma formação antroponatural, isto é, “constituída num sistema territorial composto por elementos naturais e antropogênicos condicionados socialmente, que modificam ou transformam as propriedades das paisagens naturais originais” (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007 p. 15).

1.5.2 – Estrutura do sistema

Baseado nesta estrutura teórica, compreende-se a paisagem como um conceito geográfico em constante mudança. A paisagem não mais deve ser entendida como algo estático, mas dinâmica, sistêmica e sujeita a interferência humana. Desta maneira, para início de discussão, entenderemos o sistema como um conjunto de elementos e suas relações e seus atributos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

O “sistema” é um todo complexo, único, organizado, formado pelo conjunto ou combinação de objetos ou partes. Segundo o enfoque sistêmico pesquisado, examina-se não como algo imóvel, mas como um objeto que muda constantemente, devido ao metabolismo de suas partes inter-relacionadas em um todo integral. (RODRIGUEZ *et al* 2007 p. 42)

Segundo Tricart (1977) “as relações mútuas entre os subsistemas definem uma certa taxonomia desses subsistemas”. O conceito de sistema tem como base os processos dinâmicos, gerados através das trocas de matéria e energia, provocando no conjunto de fenômenos que compõem o sistema uma relação de dependência. Estes sistemas ao serem dimensionados com o seu entorno, os fenômenos que compõem esse sistema, podem ser também entendidos como sistemas ou subsistemas.

Para Christofolletti (1980), ao conceituar um fenômeno como sistêmico a principal dificuldade está em identificar seus atributos e relações, importantíssimo para

delimitar sem equívocos a extensão abrangida pelo sistema. Esta dificuldade ocorre por conta do sistema funcionar dentro de um ambiente maior e complexo, não atuando de forma isolada, pelo contrário, dependente desse ambiente. O autor, pós-delimitação, entende que o sistema em estudo faz parte de um sistema maior o qual denomina de universo (CHRISTOFOLETTI, 1980).

Bolós (1981) indica que para definir um sistema é necessária uma precisão de caráter: 1) analítico, em que se observarão os elementos do sistema, natureza, massa, forma, estrutura e história (os quais serão entendidos pela autora como universo do sistema) e as relações entre elas (características), 2) outra de caráter funcional (estímulos e respostas) e 3) dinâmica, entrada de energia (movimento) (BOLÒS, 1981).

Os autores Christofolletti (1980) e Bolòs (1981) divergem no entendimento do que pode ser chamado de universo. O primeiro entende como universo o sistema maior no qual o sistema em estudo está localizado, já Bolòs acredita que o universo é composto pelos elementos que formam o sistema. Neste trabalho usaremos a concepção de Christofolletti (1980), tendo em vista que o sistema não está isolado no espaço, pelo contrário, necessita do seu meio (universo) para existir.

[...] sistema [...] não atua de modo isolado, mas funciona dentro de um ambiente e faz parte de um conjunto maior. Este conjunto maior, no qual se encontra inserido o sistema particular que se está estudando, podendo ser denominado de universo, o qual compreende o conjunto de todos os fenômenos e eventos que através de suas mudanças e dinamismo, apresentam repercussões no sistema focalizado e também de todos os fenômenos e eventos que sofrem alteração e mudança por causa do comportamento do referido sistema particular. (CHRISTOFOLETTI, p.2, 1980)

Para o referido autor o universo em que se encontra o sistema em estudo não é formado por sistemas em sequências, no qual o sistema antecedente gera transformação no subsequente, pelo contrário, o universo do sistema é composto por inúmeros sistemas relacionados e dialeticamente organizados em uma interação conhecida como mecanismo de retroalimentação (*feedback*).

Este mecanismo de retroalimentação corresponde à *complexidade estrutural* do sistema, segundo Christofolletti (1980) em 1971 Chorley e Kennedy distinguiram dez tipos de sistemas, entretanto, apenas quatro deles são de interesse para o estudo geomorfológico. Estes são: 1) morfológico; é composto apenas pelas estruturas naturais, organização das estruturas físicas dos fenômenos (a forma), 2) sequencial; de grandezas

espacial (localização geográfica) e dinâmica (troca de energia e matéria), 3) processos – resposta; corresponde a combinação dos dois primeiros, isto é, a relação entre o processo (sistema sequencial) e a forma resultado deste processo (sistema morfológico) e, por fim, 4) controlado; são sistemas de processo - resposta que possuem interferência humana, neste sistema o homem interfere na variável-chave do sistema, modificando a distribuição de energia e matéria. “Consciente ou inadvertidamente, o homem produz modificações sensíveis nos processos e nas formas, através de influências destruidoras ou controladoras sobre os sistemas em sequência” (CHRISTOFOLETTI, 1980, p.11).

Os sistemas controlados ou “sistemas geotécnicos” ocupam uma posição especial, para Sotchava (1976) pode-se dividi-los em dois grandes grupos; o primeiro é formado por sistemas que sofreram interferência humana e foram abandonados em seguida; estes sistemas se desenvolvem de maneira espontânea, todavia, pode ocorrer uma regeneração semelhante ou não a paisagem pretérita. No segundo grupo os fatores antropogênicos são constantes, havendo um controle sobre as variáveis do sistema (SOTCHAVA, 1976).

[...] Um sistema é o que circunda a sociedade humana. [...] complexo de ambiente e sistemas interativos. [...] Os elementos sociais, econômicos e tecnogênicos, envolvendo a sociedade humana, não registram a noção desse ambiente geográfico. Podem ser examinados, apenas, como fatores da dinâmica dos geossistema. Estes [...] são formações naturais, experimentado, sob certa forma, o impacto dos ambientes social, econômico e tecnogênico (SOTCHAVA, 1976).

Atualmente não existem sistemas (ecossistemas) que não tenham sofrido alteração pela atividade humana, entretanto as modificações sofridas por cada sistema são de importância diversa. Todavia, é necessário entender uma ação inicial como se fosse livre de qualquer perturbação, a fim criar mecanismos para a conservação e planejamento (TRICART, 1977).

Para Bolós (1981) o geossistema pode ser definido como a combinação de três subsistemas e suas interfases. O primeiro corresponde ao geoma: porção abiótica da natureza (litomassa, aeromassa, hidromassa), o segundo corresponde ao bioma ou ecossistema (biomassa) no qual também está incluso o homem como ser biológico e, por fim, o terceiro subsistema criado pela sociedade humana e denominado pela autora como socioeconômico. Para a autora, as interfaces de maior importância na paisagem ocorrem entre o geoma e a biomassa que tem como resultado a produção de solo, esses

em contato com o subsistema socioeconômico dão origem a agricultura ou agrossistema (BOLÒS, 1981, p. 51).

Para Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007) o geossistema é formado por esferas ou geosferas inter-relacionadas, em uma constante troca de energia, matéria e informação.

[...] a superfície geográfica é concebida como o geocomplexo (ou geossistema) de nível mais superior que existe no globo terrestre, como um sistema material integral, composto de esferas inter-relacionadas (atmosfera, hidrosfera, litosfera, biosfera) entre as quais desenvolve-se um intercâmbio de energia, substância e informações. Concebe-se ainda como um sistema integral complexo, espacialmente heterogêneo e diferenciado, formado por uma multiplicidade de tamanhos e complexidades. (RODRIGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2007 p. 30).

Assim, conduzimos esse trabalho entendendo que o sistema, seja ele qual for, sofre interferência direta ou indireta das atividades humanas. Esta afirmação se baseia primeiramente na visão do universo em que o sistema está inserido, tendo por certo, as múltiplas escalas e espacialidade que cada elemento possui, os quais sofrem interferências diversas pelas atividades produtivas, culturais e sociais. Portanto, todo sistema torna-se, de certa forma, controlado. Contudo, é necessário procurar abstrair o máximo de informações que nos leve a modelos bem próximo do que era no passado a fim de entender sua dinâmica atual.

1.5.3 – Funcionalidade do sistema

Christofolletti (1980) ao analisar as obras de Forster, Rapoport e Trucco, indica que o sistema pode ser classificado em dois grupos, “levando em consideração o *critério funcional*”. Distinguindo os sistemas em: isolados, aqueles que recebem apenas energia e não matéria e os não - isolados, estes mantêm constante a troca de energia e/ou matéria com os demais sistemas.

Nos sistemas não isolados podem ocorrer somente permuta de energia e não de matéria, este tipo de sistema será considerado fechado, mas, a maioria dos sistemas estão em constante troca de energia e matéria com os demais sistemas do universo, este, por conseguinte, é considerado um sistema aberto. Assim sendo, Bertalanffy define o

“sistema aberto [...] como um sistema em troca de matéria com seu ambiente, apresentando importação e exportação, construção e demolição dos materiais que o compõem” (BERTALANFFY, 1977, p. 193).

Em um sistema aberto, de acordo com Bertalanffy (1977), a condição inicial do sistema não determinaria necessariamente as condições finais, princípio chamado pelo autor de equifinalidade. Desta maneira, em um sistema aberto a entrada e saída de energia nunca estão em equilíbrio, mas são conservadas mediante a produção e a decomposição de seus componentes. As teorias de Prigogine contribuem para o entendimento dos sistemas abertos, pois a “auto-organização e a criação de estruturas novas pode ocorrer, e ocorre, em sistemas longe do ponto de equilíbrio e que tenham ‘estruturas dissipativas’ bem desenvolvidas que expulsam a desordem” (ODUM, 2010, p. 57).

[...] Em certas condições os sistemas abertos aproximam-se de um estado independente de tempo, o chamado estado estável. O estado estável mantém-se a distância do verdadeiro equilíbrio e, portanto, é capaz de produzir trabalho, como se dá no caso dos sistemas vivos, por oposição aos sistemas fechados em equilíbrio. O sistema permanece constante em sua composição, a despeito de contínuos processos irreversíveis, importação e exportação, construção e demolição, estarem em ação. O estado estável mostra características regulatórias notáveis, que se tornam evidentes particularmente em sua equifinalidade. Se um estado estável for alcançado por um sistema aberto, é independente das condições iniciais e determinado somente pelos parâmetros do sistema, isto é, pela velocidade de reação e transporte. É isto que se chama equifinalidade. [...] Por oposição aos sistemas físico-químicos fechados, o mesmo estado final pode ser atingido equifinalmente partindo de diferentes condições iniciais e depois de perturbações do processo. Além disso, o estado de equilíbrio químico é independente dos catalisadores que aceleram os processos. O estado estável, ao contrário, depende dos catalisadores presentes e de suas constantes de reação [...] (BERTALANFFY, 1977, p.194-5).

Nos estudos geomorfológicos os sistemas considerados abertos mantêm uma estabilidade quando as forças atuantes possam ser absorvidas pelo sistema. Quando surge uma força superior ao grau de absorção do sistema, este entra em reajuste em busca de um novo estado de estabilidade. Nesta trajetória de readaptação, entre uma fase e outra de “equilíbrio”, o tempo para a estabilidade vai variar de acordo com a resistência dos elementos (CHRISTOFOLETTI, 1980).

1.5.4 – Dinâmica, Evolução e Hierarquia do geossistema

De acordo com Sotchava (1976), o geossistema é um sistema dinâmico aberto e hierarquicamente organizado. Segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007), o conceito de geossistema deve considerar os componentes naturais intrínsecos a paisagem (estrutura, funcionamento, evolução e dinâmica), estruturados em seis principais fatores geoecológicos influentes na formação da paisagem: geológico, climático, geomorfológico, hídrico, edáfico e biológico; organizados de forma hierárquica em quatro categorias geoecológicas:

1) diferenciadores (geológico e climático): determinam as propriedades dos outros componentes do sistema. Não são diretamente modificados pela ação humana, estão condicionados por uma ação em escala global e modificados paulatinamente no decorrer de eras geológicas;

2) de redistribuição (relevo): são responsáveis pela distribuição de matéria e energia e determinantes na formação dos componentes restantes;

3) diferenciadores indicadores (hídrico e edáfico): são resultados dos processos ocorridos no sistema e

4) indicadores (seres vivos): são resultados da combinação das categorias supracitadas. (RODRIGUEZ, SILVA, CAVALCANTI, 2007 p. 85), conforme pode ser visto na figura 2.

No estudo baseado na dinâmica dos ecótonos, denominado de ecodinâmica, Tricart (1977) afirma que, a morfodinâmica, geralmente, é determinante para a biocenose. No entanto a dinâmica geomorfológica é extremamente dependente dos fatores climáticos, topográficos e do material rochoso que compõe o sistema. Assim, entende-se como correto que a dinâmica do fator de redistribuição, dos autores Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2007), é dependente dos fatores diferenciadores (geológicos e climáticos), entretanto, o fator indicador (biológico) é determinado por esta dinâmica.

Para o autor:

O componente mais importante da dinâmica da superfície terrestre é o morfogênico. Os processos morfogênicos produzem instabilidade da superfície, que é um fator limitante muito importante dos seres vivos. Do ponto de vista ecológico, a morfodinâmica é uma limitação. Onde a morfodinâmica é intensa – por exemplo, num campo de duna ou em uma área de intenso ravinamento – a vegetação é pobre e muito

aberta, com biomassa reduzida e pouca variedade específica. Existe, portanto, uma antinomia entre a morfodinâmica e o desenvolvimento da vida. (TRICART, 1977, p. 29).

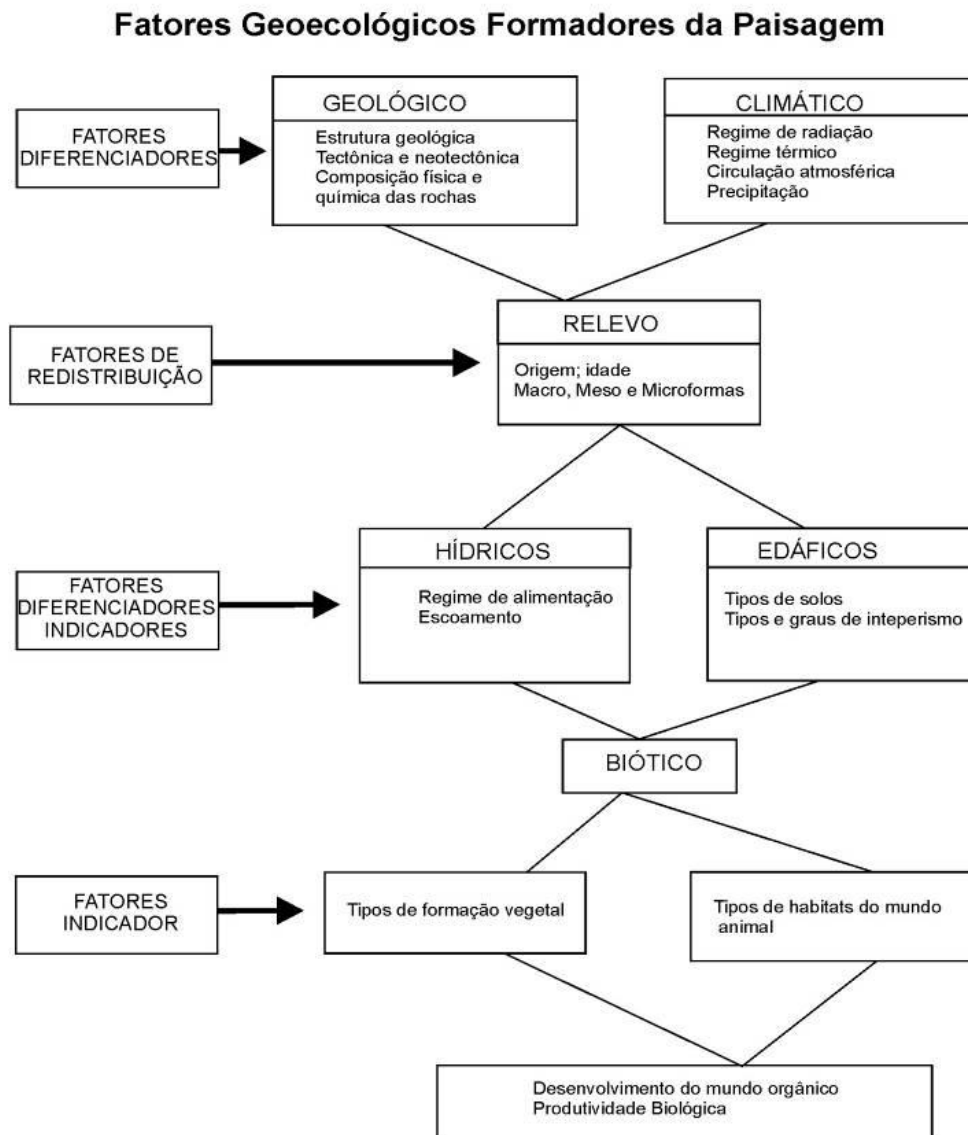


Figura 2. Hierarquia dos fatores geoecológico formadores da paisagem (RODRIGUEZ, SILVA, CAVALCANTI, 2007 p. 87).

A morfogênese subordina outros elementos do sistema, em regiões onde a força da gravidade favorece a dissecação do relevo através da incisão dos cursos d'água e do aumento do declive, pode gerar uma instabilidade no sistema, mesmo quando a formação vegetal é composta por florestas densas. O produto deste processo de denudação das áreas de maior declive, materiais que não tiveram tempo de se tornarem solo, tem como destino as regiões mais baixas do sistema (fundos de vale, terraços e planícies aluviais, base das vertentes). Esta brusca ativação morfodinâmica destrói

rapidamente os solos preexistentes, deixando aflorar a rocha expondo-a a meteorização (TRICART, 1977).

Os processos naturais são intensificados por conta da intervenção humana. Através do uso das terras o homem ativa os processos morfodinâmicos, o qual irá promover, em um tempo muito curto, a destruição do solo e a deposição de material lavado de outras áreas do sistema. Já as oscilações naturais do clima, fator diferenciador, não provocam uma brusca mudança na dinâmica da paisagem, tendo em vista que estas mudanças ocorrem de forma paulatina, mas, mesmo sendo menos radical provoca uma lenta diminuição ou aumento na densidade da cobertura vegetal, ativando os processos morfodinâmicos.

De acordo com Passos (2006), Passarge, em 1931, publica a obra com o título Geomorfologia. Nela o autor salienta que a forma do relevo está intimamente vinculada aos elementos climáticos; os quais tendem a destruí-la, e a vegetação que contribui para a conservação das formas existentes (PASSOS, 2006, p. 41).

Segundo Bolòs (1981), a geomorfologia e a vegetação têm um papel importantíssimo na integração dos outros níveis do sistema, sendo o relevo fundamental para a biocenose. A referida autora indica que a Geografia deve partir desses níveis para considerar outros superiores de forma a integrar elementos bióticos e abióticos.

Tricart (1977) por sua vez indica que para um ambiente ser entendido como morfologicamente estável é necessário que sejam encontrados “uma série de condições”, entre elas estão: “cobertura vegetal suficientemente fechada” a fim de desacelerar os processos morfodinâmicos e a dissecação moderada do relevo. Para o autor, somente o conjunto bem estruturado da vegetação possui o efeito estabilizador da morfogênese, podendo diminuir o fluxo de radiação, desacelerar as gotas de chuva e oferecer resistência vento.

Assim, nas regiões morfologicamente estáveis ocorre a bioestasia, no qual o autor prefere chamar de fitoestasia, por acreditar que a vegetação estabiliza a morfogênese e dá condições para que ocorra a pedogênese. Em áreas que estão propícias a deposição de sedimentos, Tricart (1977) salienta que a vegetação funciona como um pente, diminuindo a velocidade das partículas. Por outro lado regiões morfologicamente estáveis, como as áreas de deposição de sedimentos, criam condições para o surgimento de uma vegetação pioneira e futuramente uma floresta mais estratificada.

1.6 – Indicadores biológicos: reflexo da sinergia do sistema. (relação sociedade↔natureza)

A base teórica para o entendimento dos bioindicadores esta alicerçada na ideia de que o sistema biológico está em equilíbrio dinâmico com a estrutura abiótica. Este equilíbrio não é estático, sendo modificado ao longo do tempo em seu processo de evolução. Todavia, as atividades antrópicas e as alterações ambientais inerentes a ela estressam e modificam este equilíbrio “[...] um indicador pode expressar relações determinísticas, nas quais causa e efeito estão condicionados um ao outro” (SANTOS, 2004, p. 63).

A bioindicação se fundamenta no princípio de que os sistemas biológicos possuem um estado de estabilidade elevada e um equilíbrio dinâmico. Todo sistema biológico, independentemente de ser organismo, população ou comunidade, adaptou-se a um complexo de fatores ao longo de sua evolução. Na biosfera, ele conquistou um espaço e um nicho ecológico, onde encontra as condições necessárias e favoráveis a sua manutenção e reprodução. Entretanto, alterações dos fatores ambientais sob influência de estressores antrópicos levam a outros estados de estabilidade. Os organismos reagem, alguns se adaptam; porém, quando ultrapassam sua capacidade de adaptação, eles podem apresentar sintomas visíveis (LIMA, 2001, p. 98).

Dentro das categorias geocológicas formadoras da paisagem os fatores indicadores são os mais facilmente transformados pela ação antrópica e sofrem modificações imediatas, observáveis na escala do local ou topológica. Eles “resultam das influências combinadas dos fatores restantes, indicando as condições do habitat, a origem e a evolução. São os mais móveis e transformáveis pelo impacto antropogênico.” (RODRIGUEZ, SILVA, CAVALCANTI, 2007, p. 88).

Segundo Klumpp (2001) todo organismo vivo é um bioindicador. O autor parte do princípio de que é inerente a vida, interagir com as variáveis do meio externo (alimentação, respiração, contato corporal, entre outros processos fisiológicos) e, com isto, produz respostas identificáveis pelo observador. Entretanto, este termo é utilizado no jargão técnico de forma mais restrita, tendo em vista seus objetivos e sua aplicação prática.

As modificações na composição química e/ou nas funções vitais dos organismos ou em uma comunidade de organismos permite abstrair o estado ambiental do sistema. Para Klumpp (2001) esta definição inclui por essência dois grandes grupos de

indicadores “os indicadores de reação (ou de resposta ou sensitivos) e os indicadores de acumulação”.

Segundo Lima (2001)

A bioindicação (monitoramento) é baseada em reações visíveis do organismo indicador. Esses métodos são chamados de indicação [...] sensitiva. A segunda possibilidade é selecionar espécies que acumulem as substâncias a serem monitoradas, medindo a concentração da substância no organismo. Esse procedimento é chamado de indicação acumulativa (LIMA, 2001, p. 96).

Os organismos indicadores podem ser divididos, segundo Klumpp (2001), em três grupos distintos, levando em consideração os objetivos e os procedimentos técnicos do estudo: organismos apontadores e indicadores ecológicos, organismos testes e organismos monitores (figura 3).

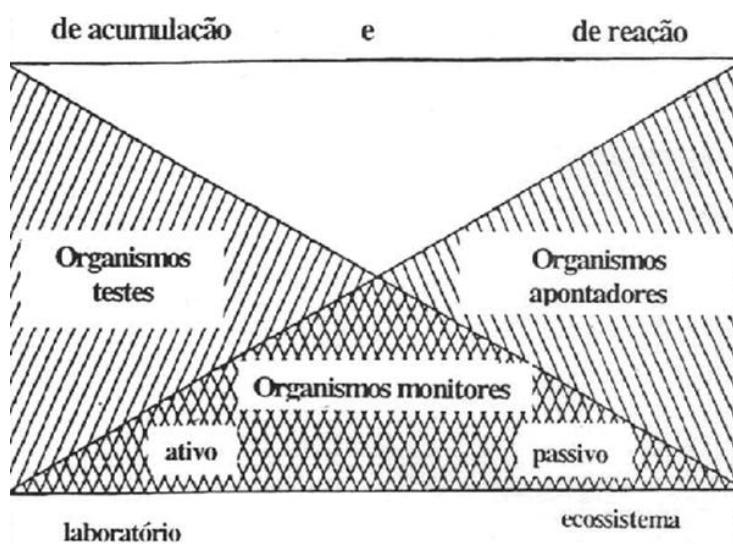


Figura 3. Esquema geral da designação de diferentes formas de uso de bioindicadores. Fonte: Klumpp, 2001.

- 1) Os organismos apontadores e indicadores ecológicos indicam o impacto da poluição através de mudanças no tamanho de sua população ou através da sua existência ou desaparecimento sob certas condições ambientais [...]
- 2) Os organismos testes são indicadores altamente padronizados e utilizados em testes (bioensaios) de laboratório toxicológico e ecotoxicológico. [...]
- 3) Os organismos monitores (biomonitores) mostram, qualitativa e quantitativamente, o impacto da poluição ambiental sobre organismos vivos. São usados para o monitoramento da qualidade do ar ou da água. Eles podem ser empregados em programa de monitoramento passivo, em que as espécies indicadoras já se encontram presentes no ecossistema estudado, ou de monitoramento ativo, em que os

indicadores vêm sendo introduzidos de forma padronizada. (KLUMPP, 2001, p. 78)

Muitos trabalhos, tais como (LIMA, 2001); (CHAPMAN, JACKSON, KREBS, 1996), (KLUMPP, 2001); (PUIG, 1999); (EGLER 2002); (CALLISTO e MORENO 2006); (MATOS, 2011) entre outros, mostram a importância da observação de bioindicadores em análises de qualidade ambiental.

Na vegetação os estudos estão ligados principalmente nos efeitos da composição da atmosfera nos vegetais, observando: a modificação metabólica; alterações morfológicas, e sensibilidade ao estresse antropogênico.

As aves silvestres foram utilizadas como indicadoras de contaminação por pesticidas na obra de Rachel Carson em 1962 e foram utilizadas por Matos (2011) como bioindicadoras de qualidade ambiental conforme variedade de espécie encontrada em determinada área. Por estarem presentes em todos os níveis tróficos e em diversos ambientes são ótimas indicadoras.

Princípio lógico também utilizado no monitoramento de macroinvertebrados bentônicos, sua organização trófica e a tolerância variada, das famílias, a perturbação antrópica, torna-os ótimos indicadores de qualidade da água. “Devido à sua grande diversidade de espécies, a comunidade macrobentônica apresenta diversas formas e modos de vida, adaptando-se ao habitat local, os quais podem ser: fundos de corredeiras, riachos, rios, lagoas e represas” (SILVEIRA, QUEIROZ & BOEIRA, 2004, p.1-2).

Utilizar como indicador ambiental organismo vivo, principalmente organismos naturalmente existente no ambiente (monitoramento passivo), em muitos casos, pode ser utilizado por públicos variados, independente de classe social e nível escolar. Matos (2011) indica em seu trabalho que qualquer pessoa, por meio da fotografia ou binóculo pode identificar diferentes espécies de aves e fazer uso desse elemento na análise ambiental.

Puig (1999), Egler (2002) e Silveira, Queiroz & Boeira (2004) salientam a facilidade do uso de macroinvertebrados bentônicos no monitoramento da qualidade da água em pequenos canais, rios, lagos e represas. Não havendo necessidade de identificar as espécies, mas apenas a classificação das famílias de menor tolerância ao estresse antropogênico. Segundo os autores, outra vantagem do monitoramento são os materiais utilizados e a praticidade tornando acessível a qualquer pessoa.

Muitos desses indicadores são utilizados facilmente, por pessoas de escolaridade variada e com custos financeiros, para a aplicação, relativamente baixos.

La ventaja de utilizar a los macroinvertebrados es que, en principio, no es necesario realizar identificaciones a nivel de especie para aplicar los índices, sino que basta con realizar el reconocimiento de grupos taxonómicos más sencillos. Normalmente, se identifican a nivel de familias, para lo cual sólo se necesita, como mucho, una lupa manual de campo de 10 aumentos y una guía de macroinvertebrados. Con estas dos herramientas, cualquier persona tiene que ser capaz de realizar una identificación precisa y poder aplicar los índices biológicos (PUIG, 1999, p.139).

As inúmeras vantagens em utilizar organismos bentônicos na avaliação da qualidade do canal e da bacia hidrográfica consequentemente, segundo Egler (2002):

(1)são ubíquos e abundantes, sendo assim podem ser afetados por perturbações em vários locais, (2) sua natureza basicamente sedentária leva a uma eficiente análise espacial dos poluentes e efeitos nas populações existentes; (3) os macroinvertebrados são diferentemente sensíveis a impactos de vários tipos e reagem a eles rapidamente, apresentando um espectro variável de respostas; (4) a comunidade de macroinvertebrados é muito heterogênea possuindo representantes de vários filos, assim a probabilidade de que pelo menos alguns destes organismos serão afetados por alguma mudança ambiental é alta; (5) possuem vida longa o suficiente para testemunhar as variações na qualidade ambiental; (7) apresentam metodologias de coleta simples e de baixo custo, que não afetam adversamente o ambiente; (8) são relativamente fáceis de identificar segundo metodologias existentes; e por fim (9) a fauna de macroinvertebrados pode ser extremamente rica em rios de pequenas dimensões, enquanto que a fauna de peixes pode não ser suportada (BUSS, 2001 *apud* EGLER 2002 p. 22)

Monteiro, Oliveira & Godoy (2008) destacam três destas nove vantagens enumeradas por Buss (2001), para ele os macroinvertebrados bentônicos apresentam inúmeras vantagens que justificam a adoção destes organismos no monitoramento da qualidade da água por apresentarem “ciclo de vida relativamente longo”, “fácil obtenção de amostra”, “metodologia desenvolvida e equipamentos de coleta” de simples manuseio.

Esta técnica de monitoramento está baseada no índice sistematizado na Grã-Bretanha no ano de 1976, que utiliza a tolerância da biota aquática a perturbações deletérias da atividade antrópica na biocenose. A partir de então surge, no Reino Unido, o sistema que ficou conhecido como BMWP (*Biological Monitoring Working Party*

score system). Este sistema foi adaptado na Espanha para o monitoramento com organismos da Península Ibérica criando uma nova versão do (BMWP’).

O índice consiste em atribuir valores a tolerância dos organismos a perturbação orgânica, isto é, as famílias dos organismos recebem uma pontuação considerando o grau de tolerância e/ou intolerância aos impactos da poluição orgânica causadas pelo esgotamento sanitário e atividades agrícolas. Assim, dentro de uma escala que varia 1 a 10, foi criado o parâmetro (padronizado pela Organização Internacional de Normatização - ISO) onde: quanto maior a pontuação que uma família recebe menor a sua tolerância a poluição (CHAPMAN, JACKSON, KREBS, 1996; BUSS, BAPTISTA, NESSIMIAN, 2003)

Cada grupo ou família é atribuída uma pontuação de 1 a 10, de acordo com a sua sensibilidade à perturbação ambiental. Os organismos mais sensíveis, como stoneflies, a pontuação de 10 e menos sensíveis, tais como vermes oligoquetos, pontuação 1. A pontuação para cada família representada na amostra são então somados para dar a pontuação BMWP (CHAPMAN, JACKSON, KREBS, 1996).

No Brasil, surgiu a primeira adaptação deste índice com Junqueira *et al* (2000) que propõe uma revisão deste índice para a Bacia do rio das Velhas no Estado de Minas Gerais. Monteiro, Oliveira & Godoy (2008) fazem a sua adaptação à Bacia do rio Meia Ponto no Estado de Goiás. Esta última adaptação modificou o valor de tolerância de algumas famílias do índice original e introduziu novas famílias existentes na bacia que não possuem exemplares na Grã-Brenha, tais como: *Belostomatidae*, *Noteridae*, *Hydrobiosidae*, *Ecnomidae*, *Ceratopogonidae*.

CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.

2.1 – Localização e caracterização da região em estudo

2.1.1 – Geomorfologia regional

Obedecendo à hierarquia estabelecida por Ross (1992), a área drenada pelo rio Santo Anastácio está estabelecida na unidade morfoestrutural da Bacia Sedimentar do Paraná na província do Planalto Ocidental Paulista (IPT, 1987), compreendido como a morfoescultura entre o reverso das Cuestas Basálticas, com 900 a 1000 metros de altitude, até leito do rio Paraná, próximo dos 250 a 300 metros de altitude (figura 4).

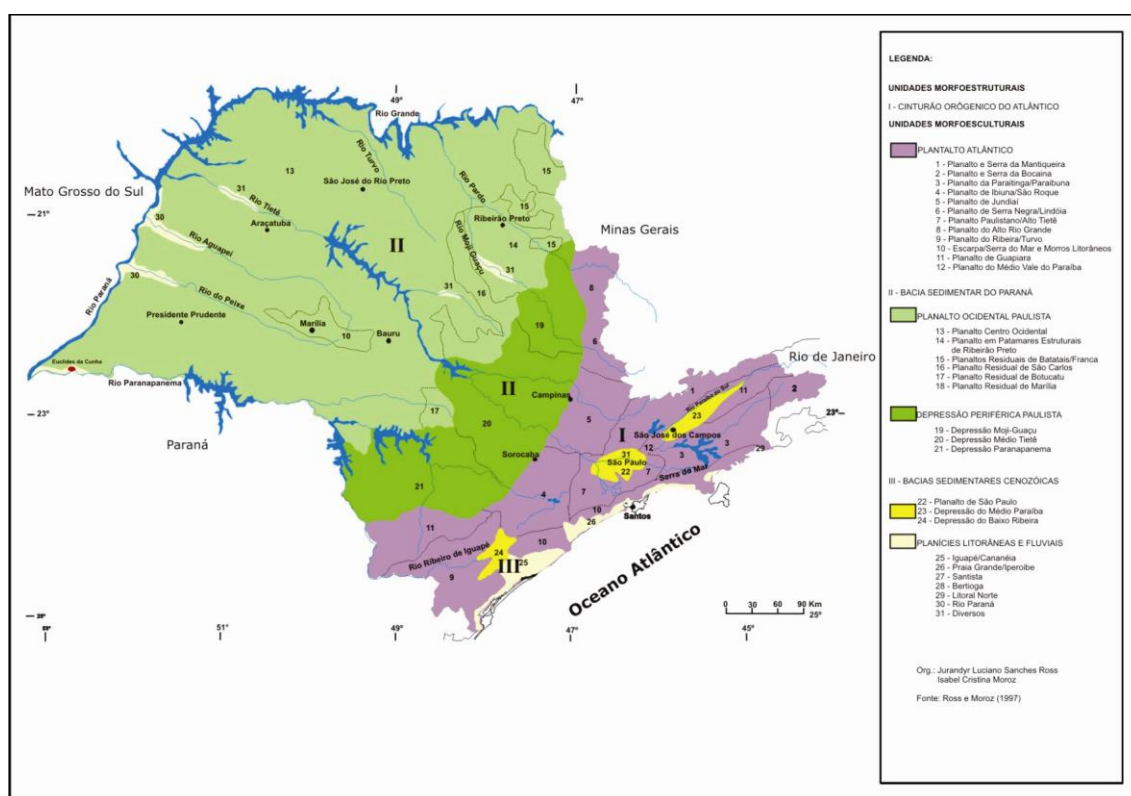


Figura 4. Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo (ROSS e MOROZ, 1996).

Dispondo-se paralelamente aos rios do Peixe e Paranapanema, o rio Santo Anastácio tem com sua cabeceira de drenagem entre as altitudes de 500 a 480 metros (SUDO, 1980), direcionando-se para o rio Paraná.

Segundo Sudo (1980):

Os rios Tietê, Aguapeí e Peixe, juntamente com o São José dos Dourados e Santo Anastácio, correm em direção ESSE-WNW, constituem a drenagem consequente mais importante do reverso de cuesta paulista, acompanhando o mergulho das camadas das rochas sedimentares em direção à calha principal da Bacia do Paraná. (Sudo, 1980, p. 2)

Portanto, o rio Santo Anastácio, assim como os demais rios caudalosos da Bacia Sedimentar, é consequente, seu talvegue acompanha o mergulho das camadas geológicas, seguindo de leste; onde se localiza as cabeceiras, para a calha do rio Paraná a oeste (figura 5).

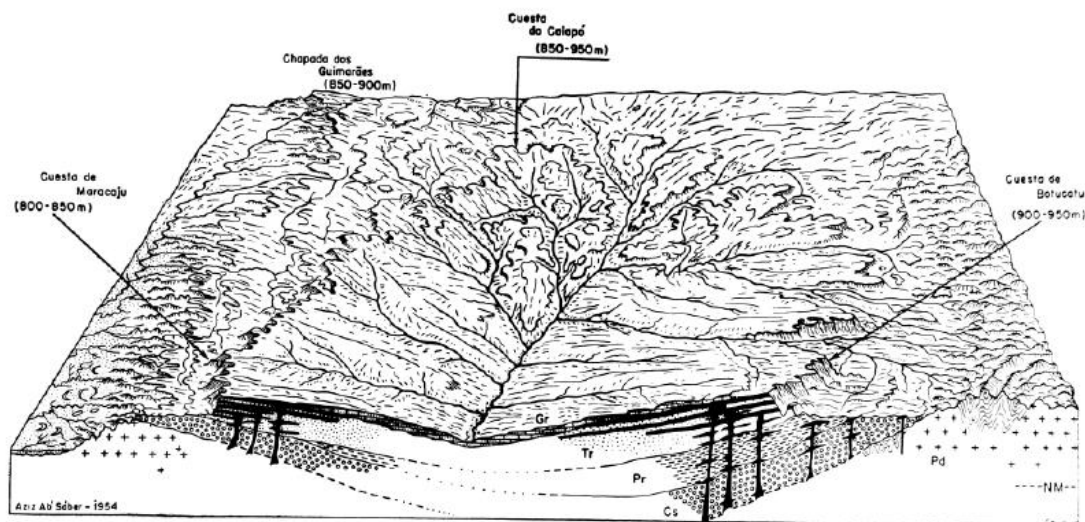


Figura 5. Geomorfologia e estratigrafia da Bacia sedimentar do Paraná (AB'SABER, 1964).
Fonte: Modenesi-Guauttiere *et al* (2010).

2.1.2 - Característica fitogeográfica.

Esta morfoescultura, em tempos pretéritos; já no período do Quaternário, era recoberta por diferentes biomas e com coberturas vegetais bem biodiversificada, distribuídas em dois grandes biomas: Cerrado e Mata Atlântica, onde esta última possuía maior área de cobertura dividida em grandes formações florestais.

A região do Oeste Paulista apresenta duas estações climáticas bem marcantes, uma úmida com chuvas em quantidade significativa (acima de 100 mm mês) e bem distribuída e outra seca com precipitações abaixo dos 100 mm e concentradas em poucos dias. Estas condições climáticas de ambiente de transição entre a zona litorânea úmida e o clima seco do interior do continente, favoreceram o surgimento da Floresta

Estacional Semidecidual. Esta vegetação perde entre 20 e 50% das suas folhas nos período de estiagem quando ocorre o estresse hídrico (FRANCISCO, 1989).

Desta maneira, segundo Francisco (1989), IBGE (1992) e Ramos *et al* (2007), os fragmentos florestais existentes no Oeste Paulista se encontram na região ecológica da Floresta Estacional Semidecidual. “Esta vegetação, juntamente com a floresta ombrófila densa (da encosta atlântica) e a floresta ombrófila mista (mata de araucária), compõe o denominado domínio da mata atlântica [...]” (RAMOS *et al*, 2007, p. 137).

Portanto, sua fisionomia apresenta características do bioma de Mata Atlântica de interior, segundo o Decreto 750, de fevereiro de 1993, artigo terceiro, a Mata Atlântica é entendida como:

[...] as formações florestais e ecossistemas associados inseridos no domínio Mata Atlântica, com as respectivas delimitações estabelecidas pelo Mapa de Vegetação do Brasil, IBGE 1988: Floresta Ombrófila Densa Atlântica, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Manguezais, Restingas, Campos de Altitude, Brejos Interioranos e Encraves Florestais no Nordeste. (BRASIL, 1993)

Esta vegetação vem sendo reduzida ao longo do processo de ocupação da região. É possível observar na figura (6) que a região do Oeste paulista sofreu grandes alterações na sua cobertura vegetal nativa durante todo o século XX.

Até 1920, quando o processo de ocupação ainda estava no início a vegetação nativa se mantinha inteiriça. Porém, com o passar do tempo, no período de 1920 a 1952, boa parte da vegetação dos divisores do rio Aguapeí e Peixe foi derrubada para a construção do ramal da Estrada de Ferro Sorocabana em 1919 em Presidente Prudente e em 1922 até Presidente Epitácio, dando assim condições para o povoamento efetivo desta região do Estado.

Contudo, é possível observar que nesta época pouco se havia modificado na vegetação da bacia do rio Santo Anastácio, apesar de, a ocupação no divisor de águas ter ocorrido décadas antes da construção do ramal da Estrada de Ferro. Havendo, havendo algumas aberturas no médio curso.

Esta estrada impulsionou a ocupação e geração de povoados, servindo inicialmente para escoar a produção de café e posteriormente, com o seu declínio, utilizadas para o escoamento de novas culturas como o amendoim, algodão e cana de açúcar.

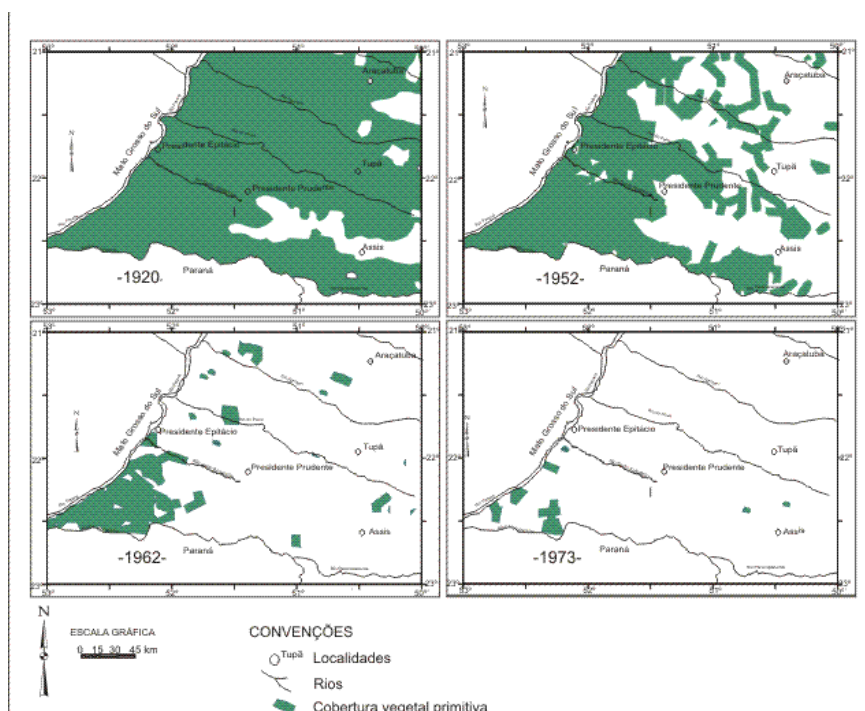


Figura 6. Evolução do desmatamento (1920 a 1973) no Pontal do Paranapanema. (BOIN, 2000).

No decênio de 1952 a 1962 houve grandes transformações na composição da cobertura do solo, como é possível observar na figura 6, na região restaram poucos fragmentos, sendo o maior composto pela Grande Reserva do Pontal e pelo Parque Morro do Diabo o qual se torna o maior remanescente em 1973.

2.2 - Alto curso da bacia do Rio Santo Anastácio.

2.2.1 – Localização

As microbacias em estudo estão localizadas no alto curso do rio Santo Anastácio, importante manancial para a cidade de Presidente Prudente, situada na Décima Região Administrativa do Estado de São Paulo – Brasil – e na vigésima segunda Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado (UGRHI – 22).

O alto curso do rio Santo Anastácio possui 198,30km² de extensão entre as coordenadas limites, no quadrante 21°15'S e 51°30'W para seu extremo sul e 22°05'S e 51°16'W fechando a delimitação do quadrante a nordeste da bacia. Contudo, as nascentes do canal principal localizam-se a sudeste da represa de captação de água e

seus divisores no limite de 22° 15'S e 51°21'W, com talvegue conduzindo, inicialmente, o fluxo fluvial de Sudeste para Noroeste (Mapa 1).

Nos divisores ao norte da bacia a ocupação urbana é a mais representativa, estando esta área indicada para a expansão urbana da cidade de Presidente Prudente (DIBIESO, 2007). Segundo Macena (1997), Ikuta (2003), Araujo (2007), Dibieso (2007) e Matos (2009) a década de 1990 marca o início da ocupação urbana na bacia do córrego do Cedro principal afluente do alto curso do rio Santo Anastácio. É a partir da construção de moradias populares, promovidas pelo poder público, e pela construção de condomínios fechados que ocorre o avanço da cidade de Presidente Prudente para as vertentes do manancial.

2.2.2 – Cobertura da terra.

Conforme se observa no mapa de localização (Mapa 1), o manancial possui pequenos e dispersos fragmentos de vegetação florestal nativa, sendo a maior área localizada a leste da represa de captação de água, que corresponde ao parque ecológico municipal de Presidente Prudente; e outros fragmentos menores a sul e a sudeste que correspondem a reservas Legais de algumas propriedades. Dentro da escala trabalhada no mapa, é possível observar também pequenos fragmentos de vegetação marginal em toda a bacia, mas desconectadas umas das outras.

A bacia possui como cobertura natural, como já supracitado, uma vegetação de interior bem estratificada, com fisionomia adaptada a suportar um déficit hídrico no inverno e verões com abundância de chuvas. Contudo, esta estrutura vegetal se encontra em pequenas áreas isoladas próximas a beira dos córregos e em algumas vertentes, sendo o maior remanescente desta paisagem pretérita se encontra a leste da bacia de captação de água da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). Este fragmento é preservado como parque ecológico de uso múltiplos, denominado Cidade da Criança.

De modo geral a bacia do rio Santo Anastácio possui como cobertura predominante do solo uma vegetação rasteira que funciona como insumo para a pecuária de corte e leiteira. É comum nas pequenas propriedades a existência de um número significativo de gado leiteiro, porém, nas propriedades maiores da bacia encontram-se fazendas de engorda de bovinos para corte, como é o caso da fazenda Pagador próximo à represa da SABESP.

As pequenas propriedades tem como cobertura uma diversidade de cultivo agrícola, possuindo desde cultivos temporários como é o caso das hortaliças até culturas permanentes como cultivos florestais (eucalipto). Nas grandes e médias propriedades as terras foram arrendadas para a produção de cana de açúcar, porém, seu cultivo acaba por se consorciar com a pecuária de corte como veremos mais adiante.

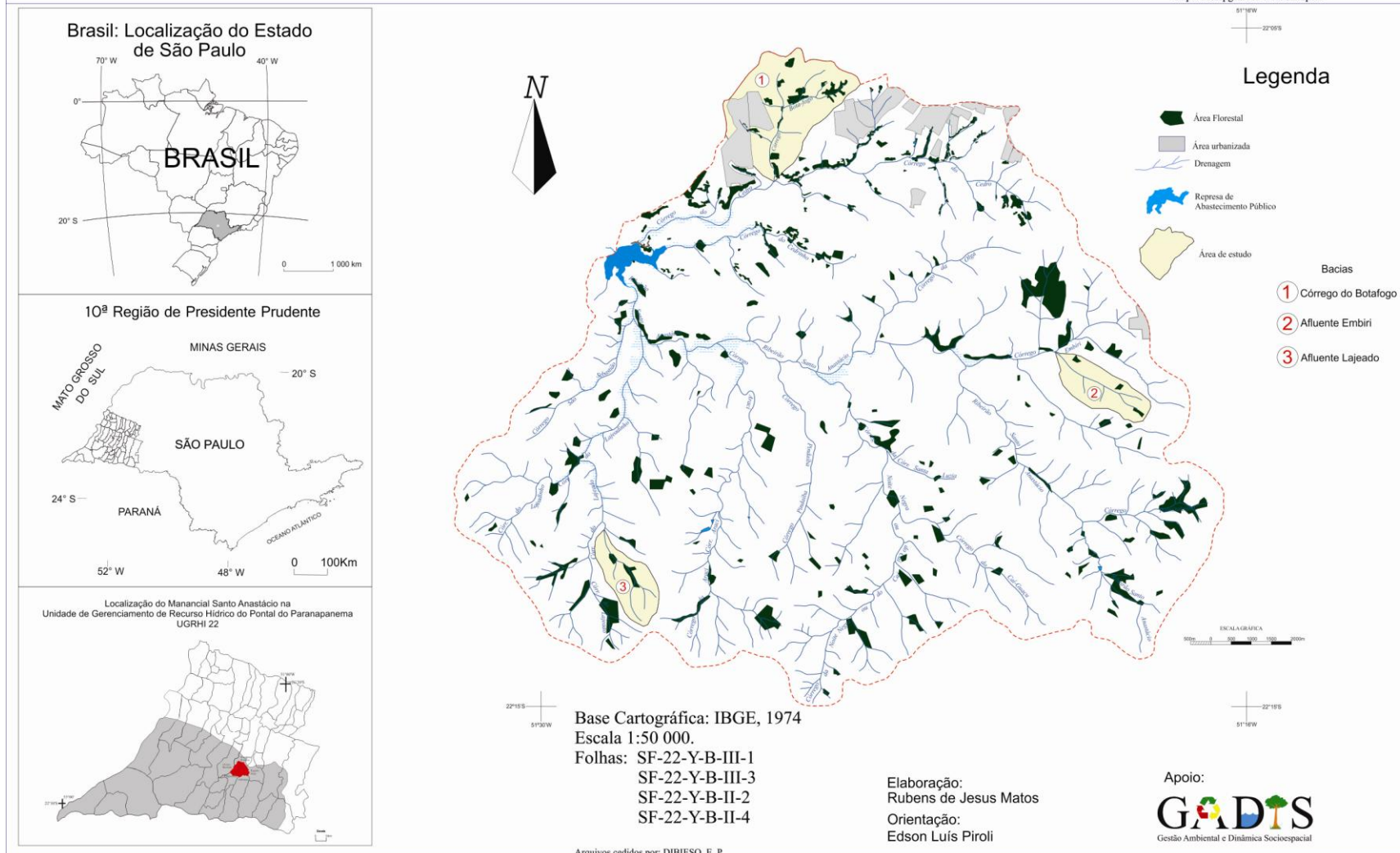
2.2.3 – Sub-bacia¹ urbanizada – córrego do Botafogo.

A bacia do córrego do Botafogo, com área de 6 km², localiza-se na porção norte do manancial em sua margem direita, entre as latitudes 22° 07' 58" S e 22° 13' 33" S e longitude 51° 22' 15" W e 51° 28' 56" W, está em um dos eixos de expansão urbana do município de Presidente Prudente (mapa 1).

A expansão urbana na bacia do córrego do Botafogo vem ocorrendo desde o início dos anos 1990, com a construção de conjuntos habitacionais populares (Mario Amato, Ana Jacinta e CDHU), totalizando 3.104 casas em uma área de 484.000m².

Com a implantação de equipamentos urbanos (energia, água, esgoto, asfalto, hospital, transporte coletivo etc.) houve a valorização dessas terras e a criação de novos lotes urbanos a partir do ano de 2005 (Jardim Prudentino e casas do CDHU) (MATOS 2009).

¹ Usaremos nesta pesquisa o termo sub-bacia quando estivermos fazendo referência à área de estudo com relação ao todo (seu universo) e bacia quando o objeto for entendido como um sistema por si só.



MAPA 1. Localização das sub-bacias analisadas, 1 córrego do Botafogo, 2 afluente do córrego do Embiri e 3 afluente do córrego do Lajeado.

2.2.4 – Sub-bacia ocupada por pasto – afluente do córrego do Embiri.

A sub-bacia II, é afluente direto do córrego do Embiri, possui área de aproximadamente 4 km² e está localizado na porção leste do manancial Santo Anastácio, entre as latitudes 22° 13' 1.29" S e 22° 12' 40.10" S e longitude 51° 22' 45.29" W e 51° 21' 8.96" W.

A análise da qualidade da água nesta sub-bacia dirá quais são os impactos da produção extensiva de gado na bacia. Esta cultura, na bacia, não tem a preocupação em construir barreiras físicas para que o gado entre em áreas de preservação permanente, desta forma não permitindo a regeneração da vegetação natural.

Constatamos, em trabalhos realizados no manancial, que a bacia é composta por pequenas propriedades, muitas com poucos recursos financeiros para fazer as devidas melhorias para a proteção dos recursos hídricos. Constatamos também, que na bacia existem projetos de melhoria e conservação das estradas rurais e controle de erosão.

2.2.5 – Sub-bacia ocupada por cana de açúcar – afluente do córrego do Lajeado.

A sub-bacia III, a ser analisada, é afluente direto do córrego do Lajeado, possui área de aproximadamente 4 km² e está localizado na porção sul do Manancial Santo Anastácio, entre as latitudes 22° 15' 58.91" S e 22° 14' 24.12" S e longitude 51° 29' 2.66" W e 51° 28' 42.12" W.

A análise da qualidade da água nesta sub-bacia é importante porque apresenta como cobertura vegetal a cultura de cana de açúcar. Esta cultura está sendo usada como nova proposta econômica para a região do Pontal do Paranapanema.

As Áreas de Preservação Permanente estão delimitadas e cercadas limitando o cultivo de cana, porém, estas áreas também foram divididas em pequenos piquetes para a criação de gado bovino para corte.

2.2.6 – Geomorfologia da bacia do rio Santo Anastácio.

O padrão de relevo do alto curso é predominantemente de colinas, formada por colinas onduladas com topos residuais entre 500 e 515 metros de altitude, formando um semicírculo nas cabeceiras norte, leste e sul. O interior da bacia apresenta interflúvios

com colinas onduladas à suavemente onduladas, topos convexos e vertentes curtas entre 100 e 200 metros em formatos convexa – retilíneo – côncavas. As planícies aluviais são encontradas próximas aos fundos de vale do canal principal e dos seus principais afluentes, por apresentarem declividades inferiores a 3% predominam os processos agradacionais (CARVALHO *et al*, 1997, p. 89).

Sudo (1980), ao estudar a “Bacia do Alto Curso do Santo Anastácio”, organiza o relevo em três compartimentos distintos:

1) cimeira regional; à montante com “espigões terminais de uma alongada plataforma interfluvial que se estende até as bases do platô de Echaporã”, servindo como divisor de águas das bacias do rio do Peixe a direita e do rio Paranapanema a esquerda. Sendo entendido como cimeira regional, os espigões localizados próximos as nascentes formadoras do córrego do Embiri e do rio Santo Anastácio, com altitudes acima de 500 metros, esta cimeira faz parte do espigão divisor de águas da bacia do ribeirão Mandaguari a norte e a nordeste, da bacia do ribeirão Laranja Doce a leste e a sudeste e, por fim, a oeste a bacia do rio Santo Anastácio (SUDO, 1980), possivelmente esta estrutura é remanescente da pediplanação neogênica e a evacuação extensiva de sedimentos no mesmo período do terciário que afetou os baixos chapadões ocidentais (AB’ SABER, 1969).

2) interflúvios escalonados; compartimento localizado em altitudes inferiores a apresentada pela cimeira regional, sua elevação esta entre 480 metros (borda cimeira) e 380 metros (limites dos terraços), formando interflúvios rebaixados em diversos níveis topográficos (SUDO, 1980, p. 74).

3) terraços e planícies de inundação;

a) Os terraços estão localizados em uma área de transição entre os interflúvios colinosos escalonados e a planície de inundação com cotas altimétricas acima de 360 metros. Segundo o autor os terraços existentes no Santo Anastácio possuem superfície aplainadas com níveis rebaixados ou sub-níveis inclinados em direção as várzeas, todavia os sub-níveis não caracterizam registros de fases climáticas pretéritas e sim são resultados da

dinâmica fluvial em sua ação intempérica sobre a resistência litológica e estrutural (SUDO, 1980)

- b) As planícies de inundação são trechos do canal principal e de seus afluentes que inundam periodicamente devido à diminuição de declive do perfil longitudinal do rio, segundo Sudo (1980, p. 101) elas estão presentes em toda a bacia nas cotas inferiores a 420 metros.

O alto curso apresenta, segundo Dibieso (2013), formatos de relevo em colinas, sendo classificada pelo autor em: colinas onduladas; colinas médias; colinas amplas e planícies e terraços fluviais. Segundo o autor as colinas médias e onduladas apresentam com frequência transição com relevo de colinas fortemente onduladas e amplas. Já os relevos planos são encontrados nos fundos de vale onde formam planícies e terraços aluvionares (DIBIESO, 2007).

Segundo Carvalho *et al.* (1997), as cabeceiras da bacia do rio Santo Anastácio, que circunda o Alto Curso ao norte, leste e sul, apresenta uma morfologia de colinas suavemente onduladas, com destaques para os espigões residuais com altitudes entre 500 e 515 metros. Seus divisores de água são longos com ondulações suaves e “vertentes ligeiramente côncavas com declividade inferior a 8%”. O limite entre a vertente e o fundo de vale não é acentuado, sendo perceptível apenas entre o terraço e a planície de inundação (CARVALHO *et al.*, 1997, p. 12). Dibieso (2013) irá classificar essas colinas do divisor e do centro da bacia como colinas médias (figura 7).

Já o interior da bacia é composto por interflúvios em formato de colinas onduladas com topos suavemente convexos e mais curtos nos córregos formadores, seu relevo segue da cimeira em direção ao leito principal da bacia. Possuem “vertentes curtas, entre 100 e 250 metros, com formas convexa – retilínea – côncavas e com e com declividade de 8 a 20%”.

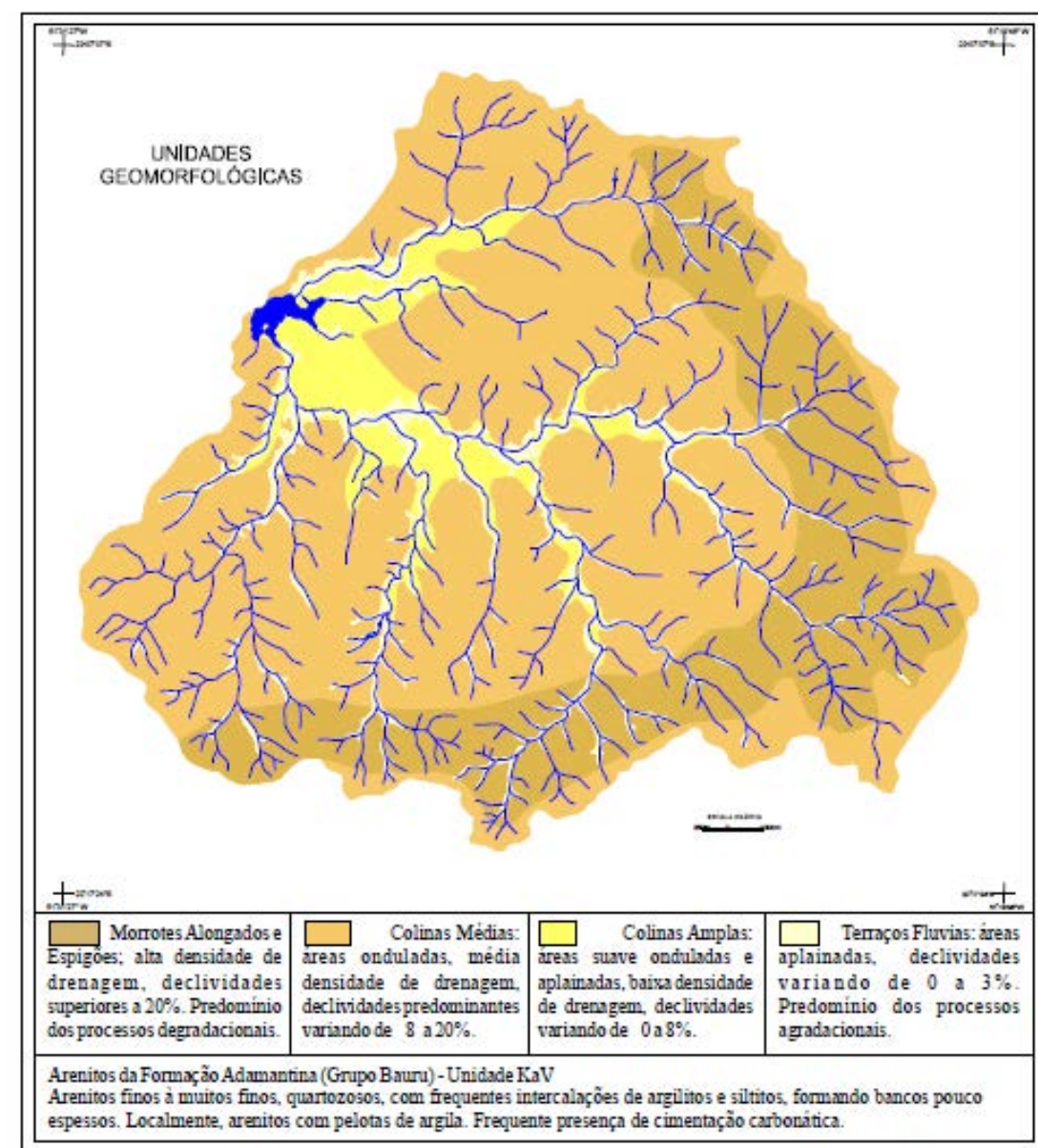


Figura 7. Distribuição das morfologia do Alto curso do rio Santo Anastácio. Fonte: Dibieso (2013, p. 99).

Em toda bacia são frequentes as rupturas estruturais, expondo o arenito formador (CARVALHO *et al*, 1997, p. 12). Em vertentes intensamente ocupadas por estruturas urbanas onde ocorre o intenso desgaste da cobertura edáfica e nos cortes das rodovias esta exposição é muito mais frequentes devido ao grande poder transformador das atividades antrópicas.

Segundo a autora, a partir dos 400 metros seguindo para a calha do rio Santo Anastácio, surgem interflúvios de colinas onduladas com cabeceiras mediantemente côncavas e com padrão de drenagem dendrítica.

O relevo de fundo de vale também tem sua singularidade. Segundo Carvalho *et al* (1997), os terraços e planícies da bacia possuem inclinações inferiores a 3% e se articulam com as áreas de várzea da bacia, as quais possuem a mesma declividade.

2.2.7 – Condição climática local.

Segundo Conti e Furlan (2005), a região sudeste do Brasil encontra-se sobre a influência direta da massa Tropical Marítima formada por células de Alta Pressão Atmosférica Subtropical do Atlântico Sul, além da massa Polar atlântica; que segundo os autores possui papel desestabilizador conforme avança para dentro do continente.

A ação dos anticiclones móveis, associado à dinâmica da frente Polar é parcialmente inversa no inverno, especialmente quando reforçada pelo ar polar do Pacífico, de trajetória continental, portanto, menos úmido e mais estável. Nesta época do ano o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul tende a deslocar-se para o continente, reduzindo a nebulosidade e as precipitações. No verão, a ativa evaporação sobre os oceanos transfere enorme volume de vapor d'água para a atmosfera, instabilizando-a e provocando precipitação em todo o sudeste (CONTI e FURLAN, 2005, p. 105).

Para Barrios e Sant' Anna Neto (1996) a massa Tropical Atlântica ao avançar pelo continente vai se descaracterizando, isto é, perde umidade e aumenta sua temperatura, desta maneira, é chamada de massa Tropical Atlântica continentalizada (mTac). Porém, outros sistemas também participam desta dinâmica, oriunda da Baixa Pressão do Charco/ Pantanal a massa Tropical continental (quente e seca), a qual colabora para o aumento da temperatura e do efeito da continentalidade no Oeste Paulista. Por outro lado, a massa Equatorial continental juntamente com as oscilações da Zona de Convergência do Atlântico Sul trazem umidade a esta região (ARAUJO *et al* 2010).

As características climáticas do alto curso apresentam de modo geral condições semelhantes ao clima regional que está sob a influência dos sistemas polares e tropicais (MONTEIRO, 1973). Para Sant' Anna Neto e Tommaselli (2009) esta região se encontra em uma área de transição entre os climas zonais controlados pelos sistemas tropicais; produzindo verões chuvosos e quentes onde a média mensal de janeiro ultrapassa os 200 milímetros e temperaturas máximas que podem chegar aos 39° (DIBIESO, 2013) e pelos sistemas extratropicais; a penetração das massas polares no

continente podem provocar chuvas frontais e, com a entrada do ar polar, queda de temperatura (gráfico 1).

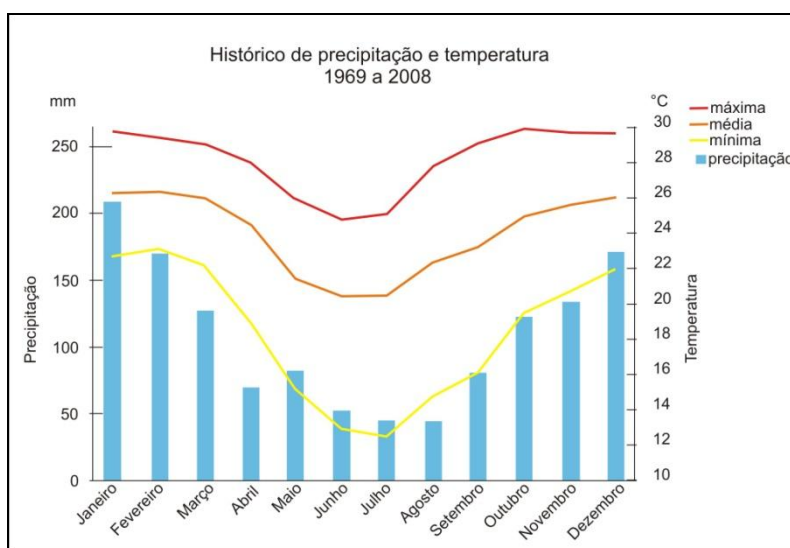


Gráfico 1. Média de temperatura e precipitação do período de 1969 a 2008. Fonte: Matos (2009)

Desta maneira teremos na região estações chuvosas (primavera e verão) onde as médias históricas ultrapassam os 100 mm mensais e temperaturas médias acima dos 20° Celsius. E período de estiagem correspondente aos meses de outono e inverno com precipitações inferiores a 100 mm e maior amplitude térmica com mínimas que chegam a 0° e máximas próximo dos 27°.

Barbosa e Amorim (2012) ao analisarem a síntese sinótica do mês de maio (figura 8), final do outono e início do inverno, constataram que houve neste período a entrada de sete sistemas frontais no território brasileiro, porém, apenas dois chegaram a região sudeste trazendo chuva e queda de temperatura. Desta maneira o primeiro sistema frontal atingiu a região no dia 11 trazendo chuva e queda nas temperaturas máximas (diminuição na amplitude térmica). Já no dia seguinte (12) as chuvas se intensificaram. Segundo os autores neste dia choveu próximo dos 104 mm. "Também foram registrados episódios de queda de chuva nos dias 14, 24 e 27, associados à atuação da repercussão da frente Polar Atlântica, a linha de instabilidade e a repercussão de frente Polar Atlântica, respectivamente" (BARBOSA e AMORIM, 2012) conforme demonstra a figura 8.

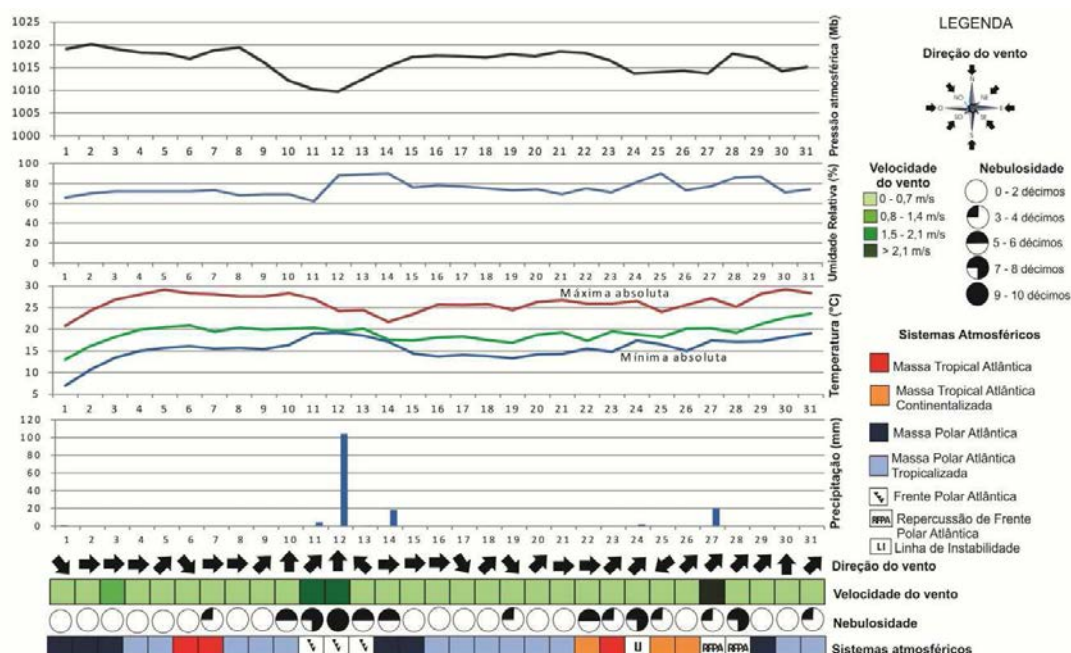


Figura 8. Gráfico de Análise Rítmica do mês de maio de 2012 em Presidente Prudente/SP.
Fonte: Barbosa e Amorim (2012)

Segundo Dibieso (2013) os ventos tem papel determinante na manutenção da temperatura e na umidade do ar. O autor associa as condições climáticas locais ao regime de vento, levando em consideração sua direção, frequência e velocidade predominante, agrupam-os em três tipos distintos: ventos de oeste, ventos do sul e ventos de leste (quadro 1). Assim, é possível notar no gráfico de análise rítmica (figura 8) que no início do inverno a massa Polar Atlântica tropicalizada e a massa Polar Atlântica predominam, com ventos de Oeste com umidade relativa entre 60 e 90%, porém produzindo períodos longos de estiagem e chuvas torrenciais ocasionadas pela zonas de instabilidades da Frente Polar Atlântica.

Quadro 1: Dinâmica atmosférica apresentada por Dibieso (2013)

VENTOS DE OESTE (W-NW)	VENTOS DO SUL (S-SE-SW)	VENTOS DE LESTE (E-NE-SE)
- Associados a tropical continental-baixa Pressão do Chaco;	- Associados ao Anticiclone Migratório Polar Atlântico;	- Associado ao Anticiclone Subtropical Atlântico;
- Temperaturas Muito Elevadas;	- Temperaturas baixas;	- Temperaturas Elevada;
- Umidade Relativa do Ar Muito Baixa;	- Umidade Relativa do Ar Baixa;	- Umidade Relativa do Ar Alta;
- Constantes Períodos de Calmarias;	- Velocidade elevada;	- Velocidade Média do Vento;
- Meses de Maior Média de Atuação: Outubro à Janeiro;	- Meses de Maior Média de Atuação: Fevereiro, Março, Abril, Novembro e Dezembro;	- Meses de Maior Média de Atuação: ao Longo de Todo O Ano (60%);
- Frequência 6,6% e Duração 4,4%;	- Frequência 7,1 % e Duração 4,5 %;	- Frequência 23,4% e Duração 28,5%;
- Piores Condições para Dispersão de Poluentes e Odores	- Condições favoráveis a dispersão de poluentes e odores, associado a chuvas precedentes;	- Condições Razoáveis de Dispersão de Poluentes e Odores.

Fonte Dibieso (2013).

De acordo com Guerra e Cunha (2001) entender a dinâmica das chuvas é fundamental para a compreensão do processo erosivo, tendo em vista a habilidade da chuva de promover a erosão, sabendo que se deve levar em consideração a intensidade, o momento e a energia cinética.

CAPÍTULO III – FISIONOMIA DA PAISAGEM: ESTRUTURAS E PROCESSOS QUE MODELAM E DINAMIZAM A PAISAGEM.

3.1 - Escala de análise: adequação escalar as bacias hidrográficas em estudo.

Ao utilizar a teoria geossistêmica, além de hierarquizar os fatores formadores da paisagem, é de extrema importância relacionar os elementos que formam o sistema e seu universo a fim de compreender de forma integrada a dinâmica da paisagem. Nesta teoria, cada paisagem é única devido à distribuição de umidade, calor, evolução e o fluxo de matéria, energia e informação.

Entretanto, estão conectadas as outras paisagens em diferentes escalas de análise (global, regional e topológica) de diversas formas, em pequenas escalas (grandes bacias hidrográficas, biomas e formações florestais) e grandes escalas (topos, vertentes e fundos de vale), por conta dos elementos climáticos (incidência de calor, correntes de ar, variação das precipitações etc.), litológicos (cimentação, porosidade, dureza etc.), geomorfológicos (declividade, formato dos topos; vertentes, vales etc.) e pelo resultado da interação desses elementos tais como: qualidade da água, tipo de solo, flora e fauna.

A escala representa a proporcionalidade entre medidas e situação, a dimensão do objeto de estudo. É em função das escalas que é localizado, espacial e temporariamente, o nível das interações ecológicas. Quanto maior o grau de associação entre os seus componentes, aumenta a complexidade do sistema (BARBOSA 2003 p. 3).

Esta complexidade de interações se observa na escala do local ou topológica, a qual Bertrand (1968) irá chamar de geofácia e geotopo, entendidas, por ele, como áreas menores de estudo onde o geossistema possui dimensões superiores. Segundo o autor, o geossistema deve ser compreendido como uma unidade dimensional entre alguns quilômetros quadrados a algumas centenas de quilômetros quadrados que possui uma dinâmica interna na qual apresenta uma heterogeneidade fisionômica.

Esta heterogeneidade é dada pela inter-relação o potencial ecológico (clima, hidrologia, geomorfologia) e a adaptação dos organismos a esse ambiente de forma que possam explorá-lo. Contudo, tanto o potencial ecológico quanto a exploração

biológica sofrem interferência pela ação humana (ação antrópica), que por sua vez, também terão que se adaptar (figura 9).

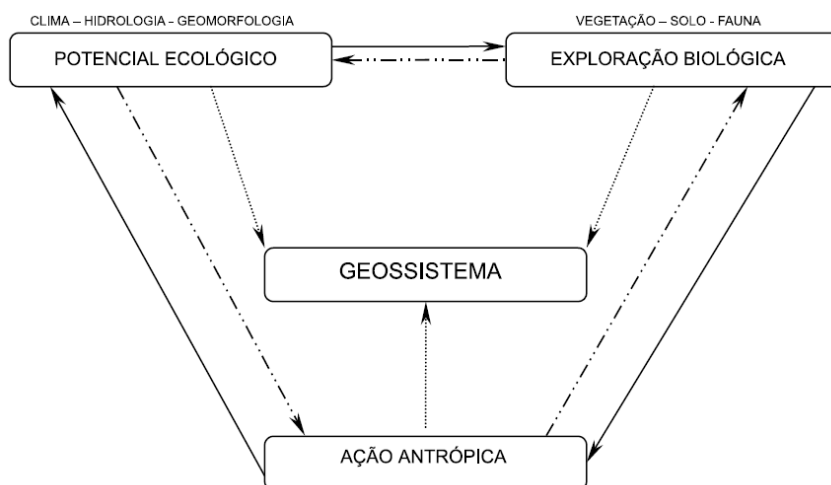


Figura 9. Esboço da de definição teórica de geossistema.
Fonte: Bertrand (1968).

O esboço teórico do geossistema sintetizado por Bertrand (1968) pode ser utilizado em todas as escalas de estudo, com aplicabilidade maior nas escalas regional e topológica. Mesmo o autor entendendo o geossistema como uma estrutura com escala definida, este diagrama pode ser facilmente utilizado nos estudos das geofácies e geotopos.

Estas unidades compreendem uma área, segundo Bòlos (1981), na escala de um e dez quilômetros quadrados. Nestas pequenas áreas pode-se distinguir o potencial ecológico e a exploração biológica. Desta forma as geofácies desempenham um mosaico mutante cuja estrutura e dinâmica traduzam fielmente os detalhes ecológico e as pulsações de ordem biológica (BERTRAND, 1968).

Já Sotchava (1978), autor que estruturou o conceito, entende o geossistema como complexo de estrutura interligada, não definida por uma escala espacial, mas classificado em três níveis distintos:

planetário, nesta escala é compreendida a superfície integral do planeta Terra, as interações das esferas terrestres (hidrosfera, atmosfera e litosfera) são estudadas em uma visão do macro;

regional, é a paisagem que ocupa uma grande extensão territorial, abrangendo desde os continentes até regiões físico-geográficas, ecorregiões entre outros recortes geográficos, sua complexidade se dá pela sua composição heterogênea e associações de diferentes paisagens em idade e estágios de desenvolvimento diferente e

topológico, são recortes de pesquisa menores que sofrem os efeitos da dinâmica natural global tais como: circulação atmosférica e oceânica, movimentos tectônicos, diferenciação térmica latitudinal etc., e da dinâmica cultural: posição econômica do país em que está inserido dentro da lógica da globalização. Também, sofrem influência regional, tendo vista a distribuição natural da energia no globo (efeito da continentalidade, interação entre biomas etc.) e a dinâmica socioeconômica existente.

Nesta última podemos mencionar a própria importância que a sociedade de uma Nação, Estado e município dão a tal sistema ambiental. Contudo, estas interações, fazem parte de um geocomplexo local, onde ocorrerão adaptações singulares para cada sistema.

Assim, é na escala do local (topológico) que percebemos a ação e inter-relação de cada elemento dentro do geossistema. Como exemplo, podemos citar a vegetação na estabilização dos processos morfogênicos, por conseguinte, se partirmos da construção de uma hipótese de um ambiente florestal, pouco alterado pela ação humana, teremos que pensar a distribuição desta vegetação ocorrendo de forma desigual no ambiente, pois obedecerá a espacialização de vários elementos ambientais; sendo o principal fator a saturação de água no solo.

Desta maneira, é a partir dos estudos na escala topológica que podemos entender as relações "fundamentais da biota com as condições edafo-geomorfológicas locais, que determinam a distribuição das conjugações territoriais de comunidades e ecossistemas, que constituem as meso combinações e as macro combinações" (MALJAZOVA *et al*, 2008, p. 306).

Apesar do geossistema não ter uma dimensão determinada, podendo abranger desde uma escala planetária até alguns centímetros quadrado, é na dimensão da geofácia (elementos da vertente) onde ocorrem os processos morfológicos e no geótopo espaço essencial às interações da biocenose; como os fundos de vale, que se verificam as interações entre a comunidade biológica e seu entorno.

Porém este mesmo sistema está sujeito a interferência humana, dentro da lógica econômica global, podendo ser preservada, ou utilizada para a exploração de produtos de primeira necessidade (agricultura de subsistência) a produção de *commodity*. Assim, estas interações hipotéticas irão traçar o futuro do sistema.

3.1.1 - Escalas geomorfológicas para os estudos da Paisagem.

Para os estudos geomorfológicos Zakarov, segundo Vieira (1988), diferencia o relevo em duas escalas distintas, a primeira relacionada à macrotopografia ou macrorrelevo; esta forma traz consigo o estudo das formações das regiões geomorfológicas, e a segunda relacionada à microtopografia ou microrrelevo; nesta escala o autor destaca que é possível identificar as singularidades e as interações do sistema (VIEIRA, 1988, p. 65).

Já Ross (1992) divide o estudo geomorfológico em morfoestrutura e morfoesculturas que são compreendidas em seis táxons distintos. Esta concepção de análise geomorfológica está baseada nas pesquisas Russo-Soviéticas de Gerasinov e Mecerjakov que estruturaram a análise do relevo em três categorias. As grandes formas do relevo terrestre, tanto as que formam os continentes quanto o piso oceânico, foram compreendidos como **geotextura**, estando sempre ligadas à dinâmica global das placas tectônicas.

As extensões menores do relevo foram dispostas em duas categorias distintas: a primeira, denominada de **morfoestrutura**, a qual o autor utilizou como critério as características estruturais, litológicas e geodinâmicas, direcionando a análise para a origem da paisagem. A segunda, chamada de **morfoescultura**, está ligada a forma do relevo esculpida a partir da interação entre os elementos estruturais e os agentes do intemperismo, contextualizado em um ambiente climático que se diferencia no tempo e no espaço.

As duas últimas categorias elaboradas por Gerasinov e Mecerjakov, não são compreendidas como uma categoria escalar, elas apenas definem situações estáticas, produto da ação dinâmica dos processos endógenos e exógenos (ROSS, 1992, p. 19). Contudo, para o autor, apesar das morfoestruturas e morfoesculturas não terem uma escala definida, a segunda sempre irá apresentar tamanhos menores por conta da própria lógica conceitual. Ross e Moroz (1996) salientam que as morfoestruturas possuem como principal característica taxonômica as estruturas ligadas a sua gênese (litologia e geodinâmica), enquanto que as morfoesculturas estão ligadas aos processos erosivos recentes desta estrutura.

Ross (1992) dimensiona, dentro de uma lógica escalar, as estruturas do relevo em seis táxons, de modo que o primeiro é entendido como o produto da interação dos elementos endógenos e exógenos do passado. Desta maneira sua formação é mais antiga

do que as unidades dos táxons inferiores. A bacia sedimentar, exemplo utilizado pelo autor, sua gênese está associado a uma sequencia de depósitos de sedimentos marinhos e continentais que foram depositados ao longo das eras geológicas anteriores a formação das Unidades Morfoesculturais (figura 10).

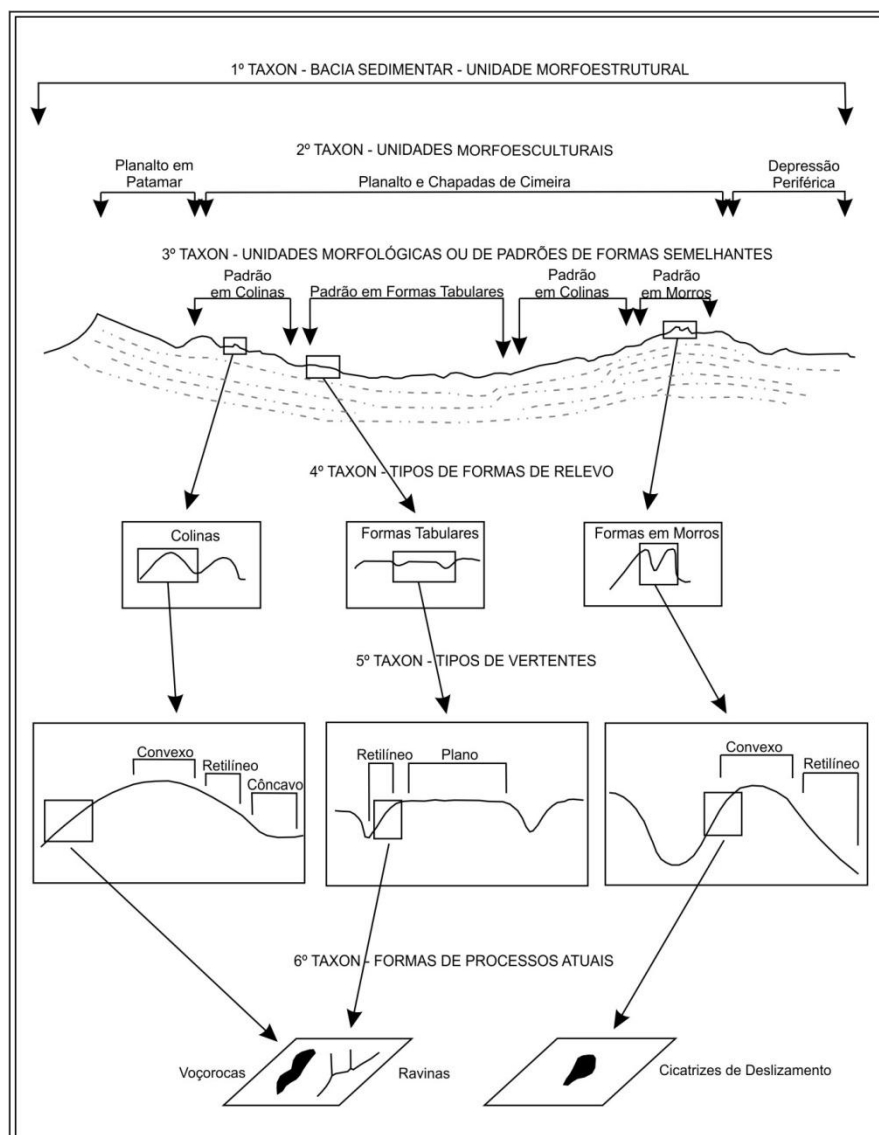


Figura 10. Unidades taxonômicas do relevo segundo Ross. Fonte (ROSS, 1992)

Segundo IBGE (2006) o território brasileiro é composto por quatro Domínios Morfoestruturais: I - Depósitos Sedimentares do Quaternário, II - Bacias e Coberturas Sedimentares Fanerozóicas, III - Cinturões Móveis Neoproterozóicos e IV - Cratons Neoproterozóico, ordenados a partir do mais recente para o mais antigo, informando desta forma a geocronologia.

Os Domínios Morfoestruturais [...] (são classificados de acordo com) a causa de fatores geomorfológicos derivados de eventos geológicos de amplitude regional, sob a forma de entidades geotectônicas, com a presença de uma ou mais classes de rochas dominantes. Tais fatores geram arranjos regionais de relevos com morfologias variadas, mas que guardam relações de causa entre si, estabelecendo uma inter-relação das mesmas com a estrutura geológica. São exemplos: bacias sedimentares, invertida ou não, cadeias dobradas e/ou falhadas, zonas de reativação cratônica etc. No que concernem as formas de relevo, constituem planícies, tabuleiros e chapadas, extensos planaltos, serras e depressões periféricas (IBGE, 2006).

O segundo táxon tem como critério de seleção as formas existentes dentro de um Domínio Morfoestrutural, isto ocorre por conta dos processos erosivos ou denudacional que dão forma, nem sempre homogêneas, ao domínio, criando desta forma Unidades Morfoesculturais, tais como depressões, planaltos chapadões entre outras formas conforme demonstra a figura 10 (ROSS, 1992). Desta maneira, mesmo sem dimensões definidas, as morfoesculturas sempre serão menores que as morfoestruturas, haja vista que, os padrões de formas sempre ocorrerão dentro de uma estrutura maior do primeiro táxon (ROSS, MOROZ, 1996).

As morfoesculturas são produto da dinâmica climática do presente e do passado irregularmente distribuídos no tempo e no espaço, onde suas formas testemunham estas oscilações (ROSS, MOROZ, 1996). Estas morfologias estão sujeitas as oscilações de precipitação e temperatura dada pelo clima atual, ativando os processos erosivos que esculpirão novas formas. As semelhanças no padrão das formas lhes conferem singularidade na paisagem, caracterizando o terceiro táxon onde estão presentes as Unidades Morfológicas.

O quarto táxon compreende a individualização de um relevo encontrado dentro de um padrão de formas semelhantes do táxon superior, desta forma consegue estruturar o quinto táxon, no qual teremos como recorte a vertente como unidade do relevo e consequentemente entender os processos mais locais e atuais de denudação e agradação.

Ross (1992) coloca como último nível taxonômico no estudo geomorfológico as feições locais que ocorrem na vertente, esta maior escala permite concatenar os processos antrópicos e naturais em um mesmo estudo. Cabe salientar que é a partir do quarto táxon de análise que teremos um estudo mais adequado para análises topológicas.

3.2 – Os elementos geomorfológicos e suas inter-relações.

A importância da forma na distribuição da energia dentro do sistema é inquestionável. Rodriguez, Silva, Cavalcanti, (2007) indicam que o fator de redistribuição (relevo) carrega consigo informações tais como a origem e a idade do seu material formador, os quais darão condições para o escoamento e a formação do solo, os quais os autores denominam de fatores diferenciadores indicadores.

Dokuchaev relaciona à geomorfologia a formação do solo, salientando três funções do relevo na formação do perfil edáfico; a primeira corresponde à absorção de água pelo solo; a segunda a movimentação de partícula (erosão) e a terceira facilita a movimentação dos materiais para outras áreas (VIEIRA, 1988, p.65).

A partir desta distribuição ocorre a diferenciação de cada sistema em estudo. Portanto, uma vertente terá sua forma definida segundo os processos químicos e físicos que acontecerão dentro dela. Para Vieira (1988) a morfologia de uma vertente pode influenciar na profundidade do solo em uma relação onde quanto menor a declividade maior a profundidade do perfil pedológico.

Segundo o autor as

[...] regiões de topografia com declives acentuados estão sujeitas a fenômenos mais intensos de erosão e formação mais ou menos equivalentes. Há maior remoção de material e maior facilidade de movimentação da água, o que vem ocasionar menor infiltração, retardando assim o amadurecimento do perfil do solo.

Os terrenos pouco ondulados, de um modo geral, devem possuir melhores solos, isto porque, neles a drenagem se faz de modo suficiente e a erosão torna-se pouco intensa (VIEIRA, 1988, p. 66).

Salientamos, desta forma, a importância da declividade nos estudos da dinâmica ambiental, a inclinação do terreno irá condicionar os processos de erosão, transporte e deposição do material intemperizado. Assim, para os estudos dos processos morfogênicos de uma vertente, é necessário o conhecimento da inclinação mínima que possa constituir o “umbral de funcionamento”.

A declividade, ou grau de inclinação do terreno, muito influencia na concentração, dispersão e velocidade da enxurrada e, em consequência, no maior ou menor arrastamento superficial das partículas de solo. Nos terrenos planos, ou apenas levemente inclinados, a água escoar com pequena velocidade e, além de possuir menos energia, tem mais tempo para infiltrar-se, ao passo que, nos

terrenos muito inclinados, a resistência ao escoamento das águas é menor e, por isso, elas atingem maiores velocidades [...] (LEPSCH, 2002, p. 158).

A inclinação da vertente gera diferentes resultados para cada sistema, entretanto, de modo geral, quanto maior o declive mais intenso fica o escoamento superficial, conduzindo o geossistema a transportar detritos fisicamente intemperizados para as regiões de pouca energia (planas). Da mesma forma, as menores inclinações promoverão a eficiência nos processos pedogenéticos. O relevo é um fator que pode influenciar bastante na profundidade dos solos. Assim, a sua profundidade aumenta quando diminui a declividade (VIEIRA, 1988).

3.2.1 – Morfologia da vertente.

A bacia hidrográfica como recorte de estudo é singular por apresentar estruturas gerais (topos, vertentes e fundo de vale) que drenam o fluxo, por conta das diferenças topográficas, de matéria, energia e informação para um ponto exutório conforme demonstra a figura 11. Portanto, o sistema bacia hidrográfica torna-se ímpar em suas formas, as quais permitem infinitas combinações de reações físicas e químicas, que ocorrem no transcurso de seus elementos.

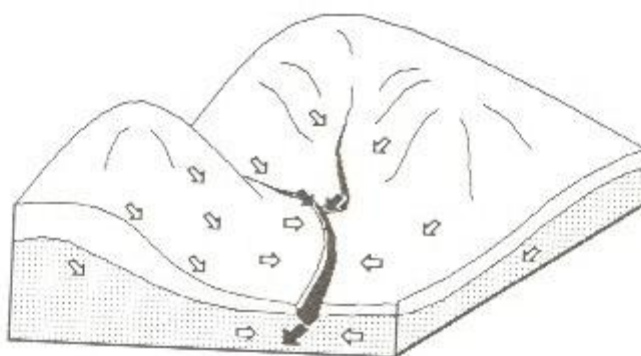


Figura 11. Diagrama representativo da dinâmica dos fluxos (sentido e convergência) em encostas para os fundos de vales. Fonte: Netto (2001, p. 94)

Desta maneira, o canal fluvial torna-se, dentro do seu ambiente, indicador de saúde ambiental, tendo em vista que todos os processos que acontecem dentro da bacia

de drenagem terá repercussão direta e indiretamente dentro do canal fluvial (CHRISTOFOLETTI, 1980). Por outro lado, isto significa dizer que, uma bacia não é semelhante à outra, mesmo que esteja ao lado. Esta diferenciação se dá pelas infinitas reações que acontecerão dentro de cada sistema com a carga de energia e matéria que receberão.

Portanto, a vertente, como feição geomorfológica, demonstra de forma clara como estes processos ocorrem. Segundo Suertegaray *et al.* (2008) a vertente é composta por formas e microformas, tendo como limite superior o interflúvio (divisor de águas) e na parte inferior o talvegue (ponto de maior profundidade de um vale), além de possuir estruturas pretéritas que são modeladas pela dinâmica do presente.

As formas e microformas são fundamentais para a compreensão dos processos dinâmicos da vertente, como exemplos destas formas podemos citar: eluviões, aluviões, colúvios, cicatrizes de escorregamento, cones de dejectação, taludes, leques aluviais, ravinas, voçorocas e sulcos. Estas estruturas existem na paisagem por conta das combinações de alguns fatores ambientais, podendo ocorrer ou não o transporte dos sedimentos (eluviação – sem transporte, aluviação – material transportado) e sua deposição que, conforme a força de arraste selecionará granulometricamente ou não o material depositado (cone de dejectação – composição granulométrica grosseira, leque aluvial – sedimentos menos grosseiro) (SUERTEGARAY *et al.*, 2008).

Segundo Netto (2001) o intervalo entre o fundo de vale e o topo, entendido por ela como encosta, possui uma morfologia (côncava, convexa e retilínea) que resulta de processos erosivos e deposicionais ao longo do tempo, os quais irão condicionar a espacialização do resultado desta dinâmica. A autora salienta ainda a importância deste recorte, pois dentro deste intervalo, entre o topo e o fundo de vale, “transitam sedimentos e diversos elementos detríticos ou solúveis, por meio de mecanismos associados às águas ou aos ventos [...] em interação com a força gravitacional” (NETTO, 2001, p. 94).

A forma da vertente, portanto, condiciona e espacializa os processos existentes dentro de uma bacia hidrográfica. A forma da vertente orienta o fluxo dentro do sistema transferindo material para outras regiões e, até mesmo, para fora do sistema (NETTO, 2001, p. 94). A forma e orientação das vertentes tem importância na distribuição da água e dos fluxos superficial e subterrâneo que ocorrem na vertente (figura 12).

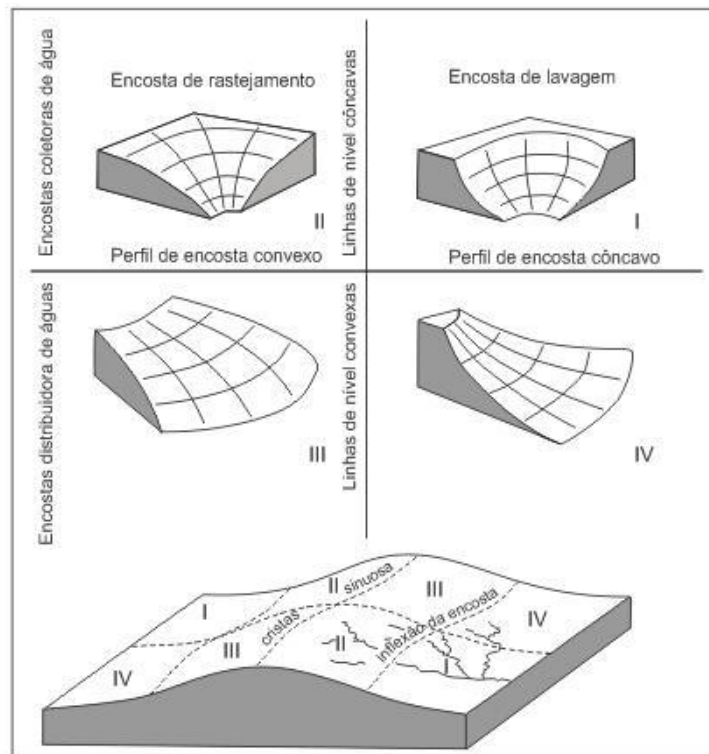


Figura 12. Classificação dos elementos de encosta de acordo com a forma e os processos (CASSETI, 2005)

Desta maneira, conforme demonstra a figura 12, teremos dois tipos principais de vertente: 1) para a primeira, coletora de água, a forma faz convergir em ponto único (I e II) e a segunda, ao contrário da primeira, possui uma morfologia dispersora de água (III e IV). Dentro destas estruturas teremos vertentes com formato côncavo (II e IV), onde os fluxos de montante para jusante facilitam a retirada de sedimentos da parte superior depositando na parte inferior (encostas de lavagem), já as vertentes com formas convexas (II e III) facilitam os processos de rastejo (CASSETI, 2005).

Os estudos das vertentes tornam-se importantes nas pesquisas geomorfológicas por apresentarem análises que vão além da forma particular de cada feição. Assim, é intrínseco ao estudo englobar vários processos responsáveis pela movimentação de material detrítico. De modo genérico, segundo Christofolletti (1980), a vertente pode ser entendida como: uma superfície inclinada, não horizontal, abrangendo todos os elementos que compõem a superfície terrestre. Desta maneira, é formada pela diversidade de condições internas (endógenas) e externas (exógenas) (figura 13). Para o autor, a vertente é o componente primordial para os estudos geomorfológicos, pois se torna elemento básico para qualquer paisagem.

na paisagem; tais como: na forma do perfil da vertente, na sua declividade média, na velocidade do recuo, dentre outras (CASSETI, 2005).

As precipitações e suas variações temporais são fatores de extrema importância para esculpir a forma e dinamizar os processos dentro de uma vertente. Em climas tropicais, a força mecânica da água em uma vertente desde o impacto da gota da chuva no solo, promove o deslocamento por saltitação de pequenos fragmentos de solo, rocha e outros elementos que compõem a vertente. Essas águas, carregadas de material particulado, serão direcionadas para a jusante onde serão somados a outras águas que formaram filetes de água no escoamento pluvial.

No momento da saltitação as partículas sólidas são direcionadas para diferentes pontos da vertente. Segundo Christofolletti (1980) neste momento as partículas que se deslocam para a jusante do ponto inicial se movimentam uma distância maior do que aquelas que foram direcionadas para a montante em uma vertente inclinada, contudo, com a constante mobilização a somatória desse processo é o deslocamento dessa massa das áreas mais altas para o sopé da vertente (CHRISTOFOLETTI, p. 30, 1980). Portanto, “as relações processuais em uma vertente dependem de fatores como declive, litologia e condições climáticas” (CASSETI, 2005).

O transporte efetuado pelo escoamento pluvial afeta as partículas deslocadas pelo impacto direto das gotas da chuva e as erodidas diretamente pelo escoamento, através do solapamento de suas margens. A velocidade das águas e a rugosidade da superfície ocasionam o turbilhonamento, colocando em suspensão as partículas mais finas. Essa categoria de sedimentos é transportada até os riachos, ou até cessar o escoamento do filete de água. As partículas mais grosseiras são arrastadas pela corrente, quando o movimento ascensional do turbilhonamento atinge o valor elevado. Esse movimento é intermitente o deslocamento dos grãos é feito por saltação, pois através de saltos constantes são carregados sempre em direção de jusante (CHRISTOFOLETTI, p. 30-31, 1980).

É evidente que os processos de degradação e aggradação de sedimentos em uma vertente dependerão, dentre outros fatores, de forma que a rampa tem. Assim, como supracitado e apresentado na figura 12, para a compreensão da dinâmica de determinada vertente é necessário observar sua morfologia. Esta, no entanto, foi discutida por diferentes autores, dos quais destacaremos três autores.

Max Derruau, que em 1965, apresentou em seus trabalhos o perfil de uma vertente, composta por topo convexo com um sopé côncavo, sendo esses dois elementos

unidos por um segmento; onde o ângulo permanece constante dando características retilíneas (figura 14). O autor acrescenta ainda que quando recoberta por detritos, sem ravinamento e em uma superfície lisa é denominada de normal ou regular (CHRISTOFOLETTI, p. 39, 1980).

Baseado no trabalho de A. Wood de 1942, Lester C. King, em 1953, entende como vertente típica um modelo dividido em quatro partes (figura 15): topo convexo, escarpa retilínea, segmento retilíneo com detritos e pedimentos suavemente côncavos (CHRISTOFOLETTI, p. 40, 1980).

Cabe salientar que os pedimentos, segundo Guerra & Guerra (2005), ocorrem em ambientes de climas áridos e semiáridos. Portanto, em climas úmidos como os tropicais esta concepção de vertente típica acaba por não se adequar aos trabalhos geomorfológicos. De acordo com Christofolletti (1980) o perfil apresentado por King é normalmente encontrado em regiões que apresenta rochas estratificadas e com atividade erosiva. Que de acordo com Suertegaray *et al* (2008), sua inclinação entre 1 e 4 % ocorre por conta de erosões laterais de clima desértico.

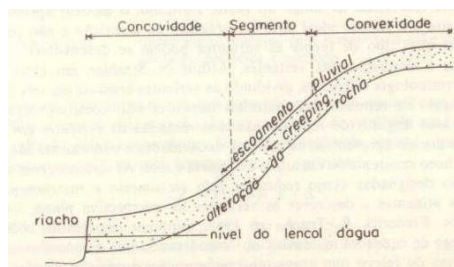


Figura 14. Perfil típico proposto por Max Derruau em 1965.
Fonte: Christofolletti (1980).

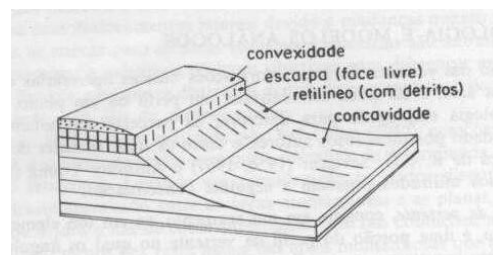


Figura 15. Vertente típica proposto por Lester C. King em 1953.
Fonte: Christofolletti (1980).

Já os autores Dalrymple, Blong e Conacher, em 1968, desenvolveram uma ideia de perfil de vertente tridimensional sem perder a complexidade dos seus processo e formas. Este modelo dividiu a vertente em nove unidades hipotéticas: 1) interflúvio, 2) declive com infiltração, 3) declive convexo com reptação (rastejo), 4) escarpa, 5) declive intermediário de transporte, 6) sopé coluvial, 7) declive aluvial, 8) margem de curso de água e 9) leito do curso de água (figura 16 e quadro 2) (CHRISTOFOLETTI, 1980).

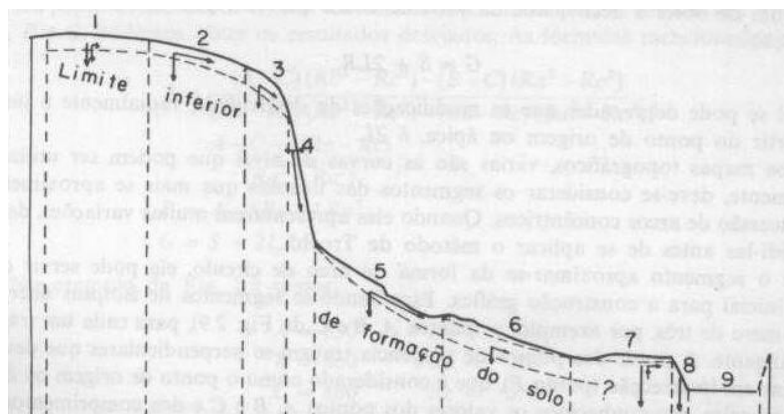


Figura 16. Modelo de vertente com as unidades hipotéticas apresentada por Dalrymple, Blong e Conacher em 1968. Fonte: Christofolletti (1980).

Quadro 2: unidades hipotéticas do modelo apresentado por Dalrymple, Blong e Conacher (1968)

Unidade da vertente	Declividade em graus	Processo geomorfológico dominante
1 Interflúvio	0° - 1°	processos pedogenéticos associados com movimento vertical da água superficial.
2 Declive com infiltração	2° - 4°	eluviação mecânica e química pelo movimento lateral da água subsuperficial
3 Declive convexo com reptação (rastejo)	-----	reptação e formação de terracetes
4 Escarpa	mínimo 45°	desmoronamentos, deslizamentos, intemperismo químico e mecânico.
5 Declive intermediário de transporte	-----	transporte de material pelos movimentos coletivos do solo; formação de terracetes; ação da água superficial e subsuperficial.
6 Sopé coluvial	26° - 35°	reposição de material pelos movimentos coletivos e escoamento superficial; formação de cones de dejeção; transporte de material; reptação; ação subsuperficial da água.
7 Declive aluvial	0° - 4°	depósito aluvial; processos oriundos do movimento subsuperficial da água.
8 Margem de curso de água	-----	corrasão, deslizamento, desmoronamento.
9 Leito do curso de água	-----	transporte de material para jusante pela ação da água superficial; gradação periódica e corrasão

Fonte: (CHRISTOFOLETTI, p. 41, 1980). Modificado por Rubens de Jesus Matos.

Diferentemente de Derruau e King, os autores compreendem a vertente a partir do interflúvio, divisor de águas, até o meio do leito fluvial e “da superfície do solo ao limite superior da rocha não-intemperizada”. Todavia, sua maior diferença aos demais autores está no fato destas unidades propostas poderem ser encontradas de diferentes

formas, não havendo obrigatoriedade de estarem sempre juntas e em ordem definida na figura 16, sendo que a mesma unidade pode ocorrer mais de uma única vez no mesmo perfil (CHRISTOFOLETTI, p. 40, 1980).

Portanto, a morfogênese vai depender, principalmente, das condições climáticas locais, o tipo de cobertura vegetal do solo e da base litológica do sistema, pois estes três elementos funcionam como controladores dos processos morfodinâmicos que geram diferentes tipos e carga sedimentar aos canais fluviais.

Assim, é evidente que diferentes formas de ocupação geram diferentes formas de processos nas vertentes, a erosão e o transporte vão depender do tipo de cultivo, da estrutura do solo, variação e intensidade da chuva, formato da vertente e o seu grau de inclinação.

Desta maneira, conclui-se que o escoamento concentrado ocorrerá de forma predominante em vertentes com inclinação elevada, desprovidas de cobertura vegetal e, principalmente, formas que drenem a água para um único ponto (vertentes coletoras de água). Por outro lado o escoamento difuso ocorrerá em vertentes com cobertura vegetal mais densa com estruturas morfológicas dispersora de água, são ambientes mais propícios para este tipo de escoamento as florestas bem estratificadas. Assim, as erosões e ravinas ocorrerão com maior intensidade em vertentes com menor índice de cobertura florestal e maior exposição do solo. (CHRISTOFOLETTI, p. 31, 1980).

3.2.2 – Morfologia fluvial.

Os autores supracitados compreenderam a vertente como uma estrutura que possui como limite superior o interflúvio divisor de águas e o talvegue do canal fluvial como limite inferior. Suas formas dinamizam o sistema fluvial fornecendo matéria e energia de todo o ambiente ao seu redor. A composição deste material ocorre por conta de muitos fatores, dentre eles a composição litológica, cobertura do solo, tipos de processos erosivos entre outros.

Dentro do sistema fluvial a erosão das vertentes fornece condições para a criação de diferentes *habitats* e micro-habitats. É a partir dela que são criados, dentro do canal, fluxos rápidos (áreas de denudação) e lentos (áreas de agradação). Deste modo, por conta da sua complexidade, a estrutura morfológica do canal fluvial pode ser separada das demais estruturas à montante para estudo das suas formas e processos.

Segundo Ross (1983) os canais fluviais são escavados e seus leitos são aprofundados lentamente pela erosão remontante, este processo natural provoca o recuo das cabeceiras de drenagem para a montante. Já é sabido que este processo é acelerado ou retardado por influência de diversas condições naturais. Entre elas o autor destaca seis: distância do nível de base local ou regional, gradiente topográfico do perfil longitudinal, natureza litológica, volume de água, sólidos em transporte e as condições climáticas atuantes (ROSS, 1983, p. 65).

Dentro desta lógica, o canal fluvial pode ser considerado o agente de transporte mais importante de uma bacia de drenagem. É ele que conduz os materiais intemperizados das áreas mais altas para as regiões mais baixas, sendo que em muitos casos o rio transporta estes materiais até o mar (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 65).

O transporte e a deposição de sedimentos dentro de um sistema fluvial, segundo Barbosa (2003), estão intimamente relacionados aos fatores geológicos e geomorfológicos desse sistema. Para o autor a carga de sedimentos tende a aumentar à medida que o fluxo de água se aproximar da foz e a decantação destes sedimentos será favorecida conforme diminui a inclinação do relevo. Nestas condições poderá ocorrer a formação de aluviões que irão constituir as planícies de inundação.

Christofoletti (1981) indica dois elementos conceituais fundamentais para que ocorra o transporte dentro de um canal fluvial: a competência, relacionada ao tamanho do sedimento e a capacidade, que se refere à quantidade de material em movimentação. Desta maneira, para que ocorra o transporte destas partículas de diferentes granulometrias é preciso que processos de meteorização aconteçam nas áreas a montante da bacia e seus detritos sejam conduzidos para o canal. Contudo, em grande parte do rio, a capacidade limite não é alcançada, segundo o autor, por conta de fatores hidrológicos que não possibilitam o fornecimento de sedimentos em quantidade suficiente ao rio. Já a competência tende diminuir conforme o rio vai se aproximando de sua foz, ocorrendo desta maneira a redução do tamanho do material detrítico transportado.

O processo natural representado pelo fluxo de água das cabeceiras de drenagem para a foz de um sistema fluvial é um irreversível processo no qual a energia é transformada simultaneamente com o aumento da entropia, e esta então pode ser considerada como medida da energia disponível em um sistema para realizar trabalho. Quanto maior a entropia, menor a quantidade de energia disponível para o trabalho mecânico (erosão, transporte, deposição) (ROCHA & ROCHA, 2007).

As características do substrato do canal são formadas pela relação entre a velocidade da água e a cobertura das vertentes. Em condições naturais, quanto maior a velocidade do canal maior o tamanho dos sedimentos de fundo, conforme ocorre o decréscimo da velocidade aumenta a possibilidade de sedimentos menores decantarem. Contudo, com a interferência humana, as condições naturais vão sendo fragilizada, a mobilização dos sedimentos provocada pela desestabilização dos substratos provoca um novo comportamento fluvial e produzindo novos *habitats*.

A tensão de cisalhamento tem importância decisiva para a mobilização de partículas retirando-as de sua inércia e coloca-la em movimento, servindo, desta maneira, como agente do intemperismo físico. Já o transporte ocorrerá graça a força da gravidade e, conseqüentemente, da velocidade do fluxo (CHRISTOFOLETTI, 1981). Assim, quanto maior o sedimento transportado (D_{50}) maior a declividade do canal (S), na balança de Lane tanto o balde representando a vazão quanto o prato de carga sedimentar terão que ir para as pontas da haste para permanecer em equilíbrio (figura 17).

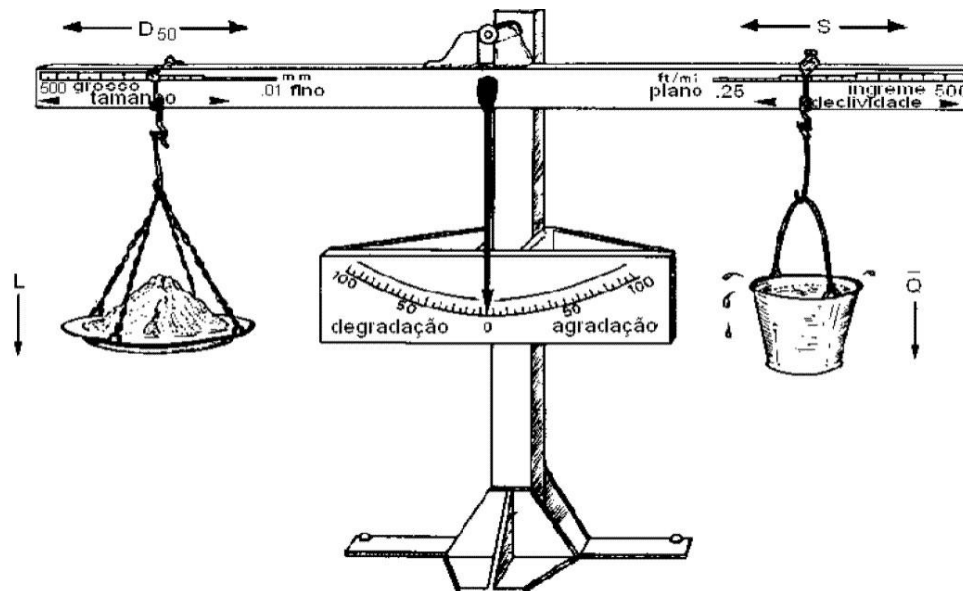


Figura 17. Balança de Lane – onde L : carga sedimentar; D_{50} : tamanho médio do sedimento; S : a declividade do canal; Q : a vazão média, sendo que a declividade é diretamente relacionada à carga sedimentar é inversamente relacionado com a vazão. Fonte: Rocha & Rocha (2007).

Além dessas relações entre os elementos do canal, pode-se acrescentar também a quantidade de detritos transportados e a granulometria desses sedimentos (tamanho dos

sedimentos), pois são fundamentais na erosão fluvial por contribuir com o atrito dos choques entre estas partículas e o leito do canal conforme se observa na ilustração da Balança de Lane (figura 17). Cabe salientar que em regiões onde a formação litológica é mais friável, como em áreas de formação arenítica, são mais suscetíveis ao aparecimento de erosões remontantes (ROSS, 1983, p.66).

Segundo os autores Rocha & Rocha (2007) existem oito variáveis responsáveis pela modificação da forma do canal fluvial: “*largura, profundidade, velocidade, declividade, carga sedimentar, tamanho dos sedimentos, rugosidade hidráulica e descarga ou vazão*” que, segundo os autores, são formados três importantes relacionamentos hidráulicos:

- 1) continuamente, a vazão será o produto da área da seção (largura X profundidade do canal) vezes as velocidades em que os fluxos passam por essa seção;
- 2) a velocidade é função da profundidade (massa de fluido), declividade (inclinação do terreno) e rugosidade do canal (força de fricção ou atrito) e
- 3) o transporte de sedimentos é uma função da energia do rio.

O fluxo fluvial é mensurado levando em consideração dez variáveis importantes: largura do canal, profundidade, velocidade, volume, gradiente de energia, relação entre largura e profundidade, área, perímetro úmido, raio hidráulico e concentração de sedimento (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 70). Ao analisar a balança de Lane podemos observar que: quando ocorre o aumento da vazão (Q), sem ocorrer mudança na declividade (S) o sistema se desestabilizará. A balança irá demonstrar este desequilíbrio deslocando o ponteiro do zero para a região de degradação.

Para equilibrar novamente a balança, será necessário colocar maior quantidade de sedimento ou deslocar o prato com a carga sedimentar para o extremo da balança. Assim, podemos afirmar que: o fluxo e o material sedimentar são os dois elementos fundamentais na estruturação da geometria hidráulica, em cursos aluviais (CHRISTOFOLETTI, 1980, p. 70).

3.2.3 – Uso e cobertura da terra.

A ocupação das vertentes, como dito anteriormente, é a grande responsável pela forma atual em que se encontra o leito fluvial. É ela que fornece boa parte do material responsável pela sua modelagem, podendo provocar no canal agradação de material ao

fundo ou a degradação do mesmo, para tanto a energia cinética da água e a qualidade dos sedimentos transportados serão fundamentais neste processo. Desta maneira, a conformação das vertentes (tamanho, orientação, forma e processos) juntamente com modo de utilização do solo (cobertura) fornecerá quantidade e qualidade diferente de sedimento.

Esse ajustamento é conseguido devido a capacidade de auto-regulação, e como há interdependência entre os elementos de todo o sistema, qualquer alteração que se processa em um segmento fluvial será paulatinamente comunicado aos demais elementos fluviais, e a ajustagem que se processa tenderá absorver a mudança produzida. (CHRISTOFOLETTI, 1981, p. 108)

Dentro desta estrutura natural, damos importância à cobertura natural no entorno do canal, a fim de manter estruturadas as interações naturais do sistema. Quando ocorre a remoção da vegetação ciliar, dá-se início, de modo intenso, a processos morfogênicos que se sobressairão sobre a pedogênese (TRICART 1977). Esta nova dinâmica favorece o aparecimento do material rochoso em todos os níveis topográficos (topos, vertentes e fundos de vale) tornando-o mais susceptível a erosão e transporte de seu material.

A cobertura vegetal, natural ou introduzida, fornece, de modo geral, certa resistência ao escoamento superficial, desacelerando o fluxo de água e sedimentos, fazendo com que permaneça maior quantidade de tempo em uma determinada área, facilitando, desta forma, a percolação da água oriundas das precipitações.

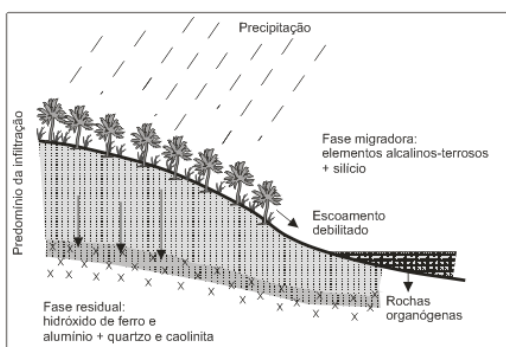


Fig. 4.1 - Predomínio do componente perpendicular (Fase biostática).

Figura 18. Predomínio da infiltração em vertente com cobertura vegetal. Fonte: Casseti (2005)

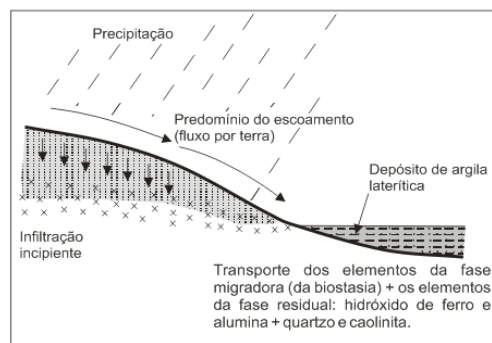


Fig. 4.2 - Predomínio do componente paralelo (fase resistástica).

Figura 19. Predomínio do escoamento superficial em vertente sem cobertura vegetal. Fonte: Casseti (2005)

Se, hipoteticamente, mantivermos a mesma estrutura (litológica, pedológica, geomorfológica e climática) modificando apenas o tipo de cobertura do solo teremos: em uma floresta densa, bem estratificada e preservada, a tendência é que a infiltração

seja maior que em áreas descobertas ou de baixas densidades estratigráficas (figura 18 e 19). Assim, o direcionamento vertical da água direcionando-a para o subsolo é potencializado conforme o aumento do grau de estratificação das espécies florestais.

A contribuição da vegetação na dinâmica ambiental é fundamental na estabilização do sistema como um todo. Ela contribui com a porosidade do solo através das estruturas radiculares, fornece material orgânico ao solo (serrapilheira) que por sua vez, fornece coesão ao material pedogênico. Além disso, intercepta as gotas de chuva; diminuindo sua energia cinética, retirando seu potencial erosivo.

A retirada da vegetação facilita o escoamento superficial. As águas que fluem sobre o solo e nele se infiltram encontram-se carregadas de partículas finas (silte e argila), as quais tendem a se depositar entre os poros do solo diminuindo consideravelmente a capacidade de infiltração. Como a diminuição da taxa de infiltração as águas correntes adquirem maior capacidade de erosão dos solos (SUGUIO e BIGARELLA 1990 p.8).

Este transporte de sedimentos de montante para a jusante tem como consequência a denudação dos topos e vertentes, sendo mais acentuados em ambientes de maior inclinação. Esta dinâmica favorece o surgimento de ambientes que outrora não existiam, seja pela perda de profundidade do solo ou mesmo a sua extinção com o resurgimento da rocha matriz; seja pelo soterramento do material edáfico e assoreamento dos canais fluviais.

Em áreas urbanas, a diminuição das áreas permeáveis do solo de uma bacia hidrográfica (topos, vertentes e até mesmo fundos de vale) é o principal fator de mudança morfogênica. Desta forma, bacias urbanizadas, de uma forma ou de outra, tem suas estruturas modificadas e a sua dinâmica alterada de forma significativa. Segundo Matos (2009) o desequilíbrio da periodicidade das cheias, as frequentes inundações, os assoreamentos dos canais são resultados deste desequilíbrio.

A mudança das características físicas da bacia é ocasionada pela mudança de função do solo, antes como propriedade rural, suas vertentes eram entendidas como um todo onde a propriedade era mensurada em hectare e a fertilidade de suas terras possuía valor. Porém, quando introduzida ao urbano suas vertentes perdem a dimensão do todo e passam a ser compreendidas por pequenos lotes com dimensão de algumas dezenas de

metros quadrados e a fertilidade perde sua função, haja vista que o solo servirá apenas como base sólida para sustentar os equipamentos urbanos e suas edificações.

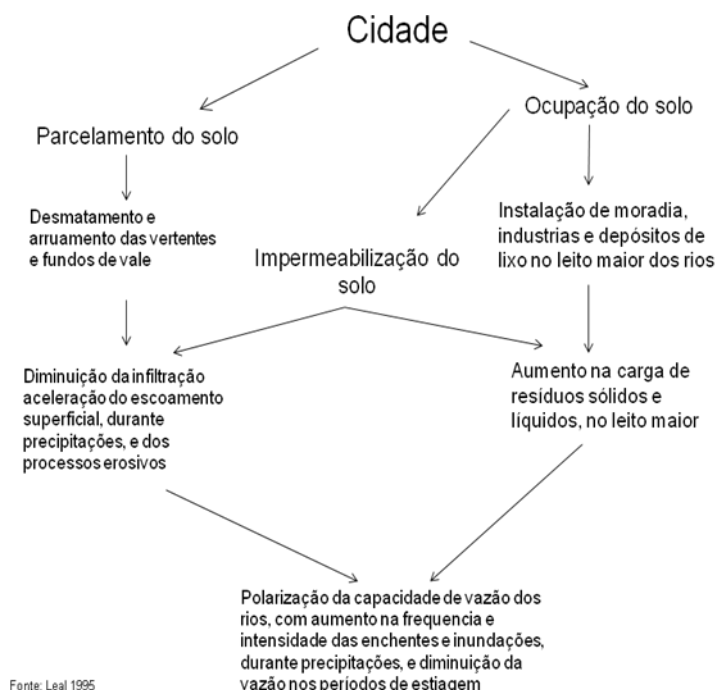


Figura 20. Dinâmica recorrente em solos urbanos, conforme o parcelamento do solo e a mudança na dinâmica de escoamento das águas pluviais (Leal, 1995).

As implicações na mudança da dinâmica do sistema bacia hidrografia de rural para urbano é entendida por Leal (1995) da seguinte maneira: o fracionamento da vertente em pequenas parcelas promove o desmatamento e a impermeabilização do solo por ruas, moradias, indústrias etc., do interflúvio até o talvegue (figura 20). Contudo o autor acrescenta que a lógica do sistema econômico pode agravar este problema, empurrando a população mais pobre para áreas com maior risco ambiental e com escassas estruturas de saneamento básico.

Normalmente esta ocupação leva em consideração as singularidades topográficas e de drenagem quando elas oferecem condições para a diminuição dos custos nas instalações de equipamentos urbanos. Como exemplo podemos citar os padrões ortogonais dos lotes; com arruamentos que seguem a orientação das vertentes. Este desenho das ruas e avenidas direciona o fluxo superficial para um único ponto, aumentando a vazão do canal que irá receber toda esta carga de água.

Duas consequências imediatas é importante salientar: 1) com o aumento do pico de vazão no momento da chuva a água adquire maior poder erosivo, desta maneira, suas margens serão facilmente solapadas e seu leito será aprofundado ou soterrado conforme seu declive; 2) as vertentes impermeabilizadas serão lavadas e grande parte do material que se encontra nas ruas serão conduzidos para o leito do canal. Desta maneira, areias, britas, restos de demolições, lixo doméstico e industrial, restos orgânicos, entre outros serão depositados nas áreas de remanso.

As bases física e natural em que se assenta a cidade – sítio urbano – apresentam características que são próprias do lugar. Importa considerar o tipo de relevo – as vertentes, as depressões, os vales, os córregos, as nascentes, as áreas verdes, as áreas de riscos e movimentação, as áreas sujeitas à inundação. A partir destas bases territoriais há que considerar a apropriação da natureza pela cidade, através da forma de organização da sociedade. São os desmatamentos ao longo dos rios, riachos e nascentes, os desvios do curso de córregos, a eliminação das áreas verdes pelas construções, a industrialização e seus poluentes, os depósitos de lixo. É o próprio adensamento populacional que, ao constituir as suas habitações, destrói a natureza. A organização/distribuição espacial da população não se dá com os cuidados necessários de respeito à natureza e a suas leis, mas com grandes impactos no meio natural. (CALLAI 1993 p. 47)

Para a autora, a cidade é produto mais acabado do homem, onde tudo é mais intenso e complexo, portanto, rios, córregos, áreas verdes são submetidas e/ou recriadas. Dentro do imaginário social, estas áreas não são vistas como naturais, pois, segundo Matos (2009) a natureza vai remeter a paisagem bucólica do mundo rural, nada parecido com a vida dinâmica e agitada dos centros urbanos. Portanto, muitos cidadãos desconhecem os benefícios que essas áreas podem trazer à saúde e ao bem estar, aumentando a qualidade de vida da população.

3.3 – Geoecologia: reflexão sobre a estrutura alimentar dentro da dinâmica geossistêmica.

Dentro desta lógica ambiental é possível considerar a teoria “*River Continuum Concept*” (Conceito de Continuidade de Rios) desenvolvida por Vannote *et al* (1980). Esta teoria tem como base os estudos da geomorfologia fluvial. Onde o rio, dentro da

sua geometria e equilíbrio, aumenta de modo proporcional, a sua profundidade, largura e velocidade de suas águas (CHRISTOFOLETTI, 1980). Desta forma, entende o rio como um sistema aberto e contínuo no qual o fluxo da montante para a jusante provoca modificações ao longo do seu percurso longitudinal, seja pelo fato da largura e profundidade aumentar; por conta da adição de água de seus afluentes, seja pela composição do material de fundo e em suspensão (alóctone ou autóctone).

Segundo esta teoria, os organismos vivos existentes dentro de um canal fluvial estão intimamente ligados com os processos morfodinâmicos, onde as dinâmicas que ocorrem na parte superior do sistema (topos, vertentes e o próprio canal a montante) condiciona a biota existente à jusante. Estas modificações acontecem em cadeia, pois, conforme vai ocorrendo o aporte de material alóctone dentro do sistema fluvial o mesmo terá suas características modificadas por um determinado período.

Assim, por conta das dinâmicas que ocorrem à montante os ambientes à jusante serão também modificados. Isto ocorre por conta dos processos fluviais que transportam e depositam o resultado desta dinâmica, integrando diversas paisagens. As condições morfológicas existentes, como velocidade da corrente e o substrato, são fundamentais para a formação de *habitats* que servirão como base para a estruturação de uma comunidade de organismos. Portanto, a composição da biota bentônica será coerente com a estrutura morfológica local.

Estes dois fatores, sozinhos, não explicam a distribuição da biota bentônica no sistema. Outros elementos devem ser levados em consideração: o primeiro é direcionado a cobertura vegetal e a sua interação com o canal, tendo em vista que um sistema composto por uma floresta densa tenderá a diminuir os efeitos da morfogênese evitando que ocorra grande aporte de sedimento para o leito (TRICART, 1977); o segundo e o terceiro estão diretamente relacionados com os processos supracitados, pois em regiões de correnteza a troca de gases entre a atmosfera e a água do canal é mais intensa, diminuindo em áreas de remanso e, por fim, a alimentação, importante fator na distribuição dos organismos (VANNOTE *et al.*, 1980).

A água se manterá oxigenada conforme a temperatura do corpo hídrico, isto é, águas com temperaturas mais baixas; comparadas com as de temperaturas elevadas, terão maior quantidade de oxigênio dissolvido. Assim, as copas das árvores são fundamentais para manter um ambiente com temperaturas mais amenas, tendo em vista que, em canais de baixa ordem a estrutura florestal forma uma barreira que evita que a radiação solar atinja, de modo direto, o corpo hídrico.

Suas estruturas (folhar, frutos, flores, ramos, raízes entre outras) também possuem importância basilar na composição e organização do biótopo, ao se desprenderem tornam-se fonte de alimento para biota bentônica; bactérias, fungos, macroinvertebrados (principalmente os fragmentadores).

A principal fonte de recursos alimentares das comunidades zoobentônicas é formada por detritos orgânicos, que podem ser tanto de origem autóctone (produzido no próprio ambiente aquático) ou alóctone (de origem externa). Na maioria dos casos, os microrganismos colonizadores destes detritos (bactérias, fungos e leveduras) constituem a principal reserva de energia para os organismos bentônicos. Na região litorânea dos ambientes lacustres e na zona ripária de riachos de cabeceira, os detritos originam-se principalmente de vegetais superiores terrestres (mata ciliar) ou aquáticos e a partir do perifiton (ESTEVEES, LEAL, CALLISTO, 2011 p. 596).

A morfologia juntamente com a fisiologia de cada família irá produzir em cada organismo uma preferência de habitat. Segundo Kikuchi & Uieda (1996) *in* Egler (2002) a distribuição dos organismos dentro do sistema está atrelado a esta variação na forma e no funcionamento fisiológico de cada espécie. Desta maneira, teremos dentro do sistema, organismos que vivam exclusivamente em regiões de corredeiras (declive acentuado) onde a oxigenação é alta, e outros que prefiram as áreas de remanso, isto porque seu organismo não tem tanta exigência respiratória.

Para Egler (2002), regiões de correntezas oferecem condições para organismos com respiração branquial. Em geral, as áreas de correnteza apresentam uma maior concentração de oxigênio dissolvido, atraindo grupos da fauna mais sensíveis, como as ordens de insetos Ephemeroptera e Plecoptera que respiram por meio de brânquias dependendo, portanto, de uma maior proporção de oxigênio dissolvido na água.

Como supracitado, os ambientes aquáticos de fluxo lento favorecem a deposição de sedimento e a formação de planícies marginais. Desta forma, a composição de organismos será outra. Isto se dá pelo fato de nestes locais o ambiente ser completamente diferente dos encontrados nas áreas de fluxo rápido. Areias de diversas granulometrias poderão ser utilizadas como esconderijos e até mesmo armadilhas para a captura de alimentos.

Já ecossistemas impactados por excesso de nutrientes, de modo geral, apresentam um aumento na produtividade de algas e macrófitas, o que ocasiona um aumento no consumo de oxigênio dissolvido, e consequentemente a redução na

concentração do mesmo na água. Este processo de desoxigenação é o principal fator que limita a ocorrência de espécies em áreas degradadas (EGLER, 2002). Porém, o aumento de macrofita dentro canal pode tornar o ambiente favorável à elevação da complexidade da estrutura trófica dos macroinvertebrados (THOMAZ & ESTEVES, 2011).

As proposições da teoria de Vannote *et al.* (1980) sugerem que em um sistema não perturbado, hipoteticamente, teremos dentro da rede de drenagem a seguinte estrutura:

- canais de baixa ordem (1ª a 3ª), nas cabeceiras de drenagem a vegetação exerce grande influência sobre a estrutura da fauna, pois ela ao sombrear o leito evita com que ocorra a proliferação de organismos fotossintetizantes (produção primária). Assim o alimentar disponível para os organismos é oriundo da vegetação ciliar. Este material alóctone é composto basicamente de folhas, flores, frutos, gravetos, raízes, ramos, caule e higrófitas que podem ser agrupadas como matéria orgânica particulada bruta (MPOB) com dimensão maior que 1mm (um milímetros). Assim, os organismos possuem a habilidade de fragmentar este material para a sua alimentação e, conseqüentemente, como resultado desse processo, a liberação de partículas mais finas que são liberados no sistema. Estas partículas são consumidas pelos coletores presentes no mesmo local ou mais à jusante;
- canais intermediários - 4ª a 6ª ordem, com o alargamento do leito a luz solar penetra com maior facilidade. Desta forma organismos fotossintetizantes encontram ambiente favorável para se desenvolver, juntamente com o matéria orgânica particulada fina (MOPF) com dimensão maior que 50 µm (micrometro) e menor que 1 mm (milímetro) produzido pelos fragmentadores a montante e
- canais caudalosos - 7ª ordem em diante, o aumento da turbidez no canal provocada pelo sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão diminui a produção de fotossíntese, assim, como nas cabeceiras, a relação produção por respiração e menor que um ($P/R < 1$), a distribuição da biota também é alterada sendo composta, a partir deste trecho, por coletores (figura 16). Em todos os pontos do canal a quantidade de predadores não se modifica de forma expressiva, porém estes podem ser diferenciados pelas suas preferências de *habitats*.

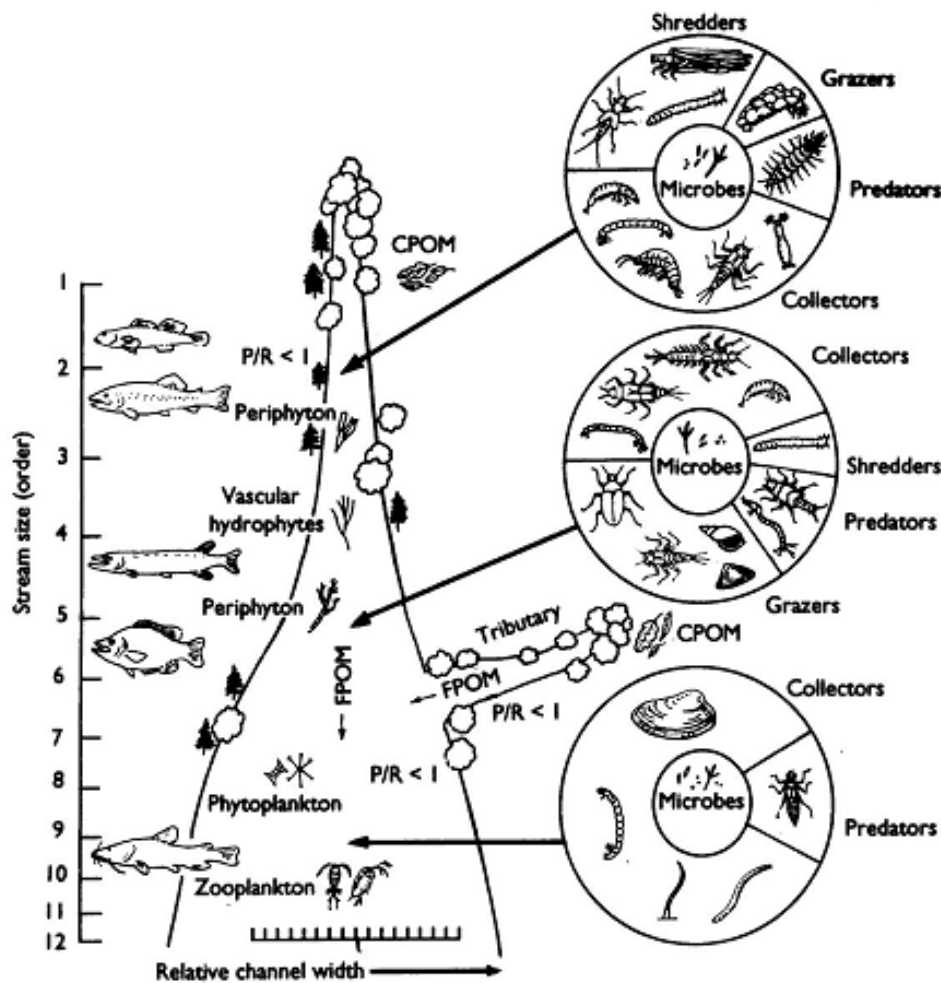


Figura 21. Representação geral da relação entre a ordem do canal fluvial e a biota bentônica, *inputs* e ecossistemas dentro da proposta de continuidade de processos fluviais. Fonte: Vannote *et al.* (1980).

As características locais afetam diretamente as comunidades dos macroinvertebrados bentônicos. A velocidade do fluxo da água, a composição dos substratos e as condições físico-químicas da água, resultado da interação entre a entre clima, geologia, geomorfologia e cobertura do solo, juntamente com a quantidade e qualidade dos recursos alimentares ali existentes geraram ambientes favoráveis ou não para cada organismo (EGLER, 2002; ESTEVES, LEAL & CALLISTO, 2011).

A quebra desta sinergia implica na redistribuição dos elementos do biótopo e, principalmente, na redistribuição dos organismos vivos. Selecionando os mais adaptados ao novo ambiente, os quais serão denominados de indicadores (de boa ou má qualidade) na teoria geossistêmica.

Para Barbosa (2003) o canal fluvial funciona como um integrador de paisagens, haja vista que o resultados dos processos morfodinâmicos ocorridos à montante, dentro

e fora do canal, principalmente nas vertentes, irão produzir modificações na organização biológica conforme ocorram alterações no ambiente e na sua dinâmica.

A distribuição dos táxons dos macroinvertebrados bentônicos é bem diversificada, constituindo organismos de tamanho maiores que um milímetro, podendo formar biótopos biodiversificados, como dos ambientes preservados ou de baixa diversidade, como os que ocorrem em ambientes eutrofizados. Esta distribuição e organização estão diretamente relacionadas a elementos bióticos como a relação entre a biocenose e os elementos abióticos tais como oxigênio dissolvido, natureza física dos sedimentos (granulometria e grau de compactação) e quantidade e qualidade da matéria orgânica ofertada como alimento (ESTEVES, LEAL & CALLISTO, 2011).

Assim, a bacia hidrografia oferecerá suporte para a organização das comunidades dos organismos bentônicos que nela existem. Sendo ela um sistema aberto, seu fluxo de matéria e energia fornece ao sistema de drenagem substâncias correspondentes a combinação das variáveis naturais e antropogênicas. Suas sazonalidades climática (variação das precipitações e temperatura) e biológica (ciclo fisiológico da flora) promovem diferentes fluxos de energia para dentro e fora do canal. Sua morfologia e o uso e cobertura de suas vertentes e topos determinam a qualidade e a quantidade desse alimento no decorrer do ano e nas diferentes partes do canal.

Segundo Egler (2002) o substrato aquático, material que compõe o fundo do canal, é de grande importância para os organismos bentônicos; é nele que se locomovem, procuram alimento, encontram abrigo e proteção da corrente e de predadores. Dependendo da sua composição os substratos também serão utilizados como alimento por diferentes bentos de acordo com a singularidade alimentar de cada organismo.

3.3.1 Equilíbrio alimentar.

Odum (2010) utiliza a primeira e a segunda lei da termodinâmica, para explicar os fluxos de energia dentro de um ecossistema. Lembrando que a primeira lei da termodinâmica trabalha com a conservação de energia, segundo a qual na natureza a energia nunca é criada; mas, sim transformada, já a segunda compreende que nenhum dos processos que transforme a energia ocorre de forma espontânea, somente se houver a degradação de energia concentrada em energia dispersa. Segundo o autor esta

mudança é essencial à vida, pois, é a partir dela que ocorrem mudanças como o crescimento, autoduplicação e síntese de relações complexas da matéria (ODUM, 2010, p.55)

Os ecossistemas e os organismos são sistemas termodinâmicos abertos, fora do ponto de equilíbrio, que trocam continuamente energia e matéria com o ambiente para diminuir a entropia interna, à medida que aumenta a entropia externa (obedecendo assim a lei da termodinâmica) (ODUM, 2010, p. 55).

Dentro desta lógica de transferência e consumo de energia, é pertinente falar e compreender a estruturação das guildas tróficas. Seu estudo nos permite observar o meio de modo mais holístico, tendo em vista que toda a dinâmica supracitada interfere na organização da biocenose, que só existem em determinado local por conta da oferta de alimento.

A alimentação é fundamental para que os organismos vivos existentes no meio adquiram substâncias que “gerem energias e permitam o crescimento de células somáticas e de reprodução”. Estas são as principais funções do alimento, portanto, o alimento ideal seria o que oferecesse substâncias para todas essas funções. Todavia, no meio ambiente, estas substâncias são encontradas em diferentes materiais e distribuídas de forma desigual no tempo e no espaço. Desta maneira, de forma sazonal e espacial, haverá uma maior concentração de alimentos que ofereçam subsídios para a produção de células reprodutivas e em outro momento alimentos que ofereçam condições para o desenvolvimento das ninfas (BARNES *et al.*, 1995, 269).

Observar a estrutura trófica ou agrupamento de alimentação funcional (EGLER, 2002) traz para a análise sistêmica grande vantagem. Os invertebrados que habitam o canal fluvial formam um elo energético que conecta a energia do material orgânico com os níveis tróficos superiores (ROQUE & SIQUEIRA, 2006). Sua organização populacional estará permanentemente condicionada pela dinâmica ambiental.

A estratégia de alimentação dos organismos bentônicos será determinada pelo ambiente que os envolvem, podendo ser agrupados segundo a forma que adquirem seu alimento. Desta maneira, os organismos são divididos, segundo Barnes *et al* (1995), em seis grupos distintos:

1) caçadores e 2) parasitas, “são animais que se movem, atacam, matam e consomem presas, quase que invariavelmente outros animais que se movimentam, uma de cada vez”; 3) pastores, “são

consumidores vágéis de presas sésseis que se alimentam de tecidos que sobrepõem substrato, normalmente sem sacrificar o indivíduo ou colônia”; 4) filtradores, “possuem algum tipo de filtro e uma região de filtração, disposta de modo a interceptar uma corrente de água natural (e contínua) ou, então, meios para gerar a sua própria corrente através do filtro”, 5) comedores de sedimento, “consumidores de matéria orgânica morta (com exceção dos necrófagos) dependem dos seres vivos associados aos restos, não dos restos propriamente ditos, os quais podem ser apenas um meio de transporte apropriado de micro-organismos para o interior do tubo digestivo e 6) Simbiontes” (BARNES *et al* 1995)

Todavia, a forma de alimentação dos invertebrados aquáticos tropicais ainda é motivo de grandes dúvidas no meio científico, pois estes organismos podem mudar sua forma de aquisição de alimento por vários motivos. O pouco conhecimento sobre estes hábitos contribuem para uma maior atenção para a utilização do comportamento alimentar no biomonitoramento da qualidade da água (ROQUE & SIQUEIRA, 2006). Sendo consideradas cinco classes, diferenciando-se na nomenclatura e adicionando o grupo dos fragmentadores da classificação de Barnes *et al* (1995).

Desta forma foram classificados como predadores; os organismos que se alimentam de outros animais (correspondente ao grupo dos caçadores), raspadores; se alimentam de algas, fungos e bactérias aderidas nos componentes do canal (correspondente aos pastores), coletor filtrador; alimentam-se das partículas em suspensão na água, coletor catador ou apenas coletor; se alimentam de material particulado presente no fundo do canal (correspondente aos comedores de sedimento) e os fragmentadores; utilizam como alimento material vegetal em estado de decomposição (ROQUE & SIQUEIRA, 2006).

Segundo os autores, estudos realizados em rios tropicais demonstram que os fragmentadores são raros e até mesmo ausentes na estrutura trófica. Sua inexistência faz com que a decomposição dos fragmentos vegetais dependa da atividade de outros organismos tais como, bactérias e fungos.

Já as espécies coletoras catadoras e filtradoras são favorecidas pela correnteza que mobiliza e transporta o material orgânico particulado, que será capturado para a alimentação através de estruturas morfológicas adaptadas para tal (cerdas e pelos) (EGLER, 2002; BARNES *et al*, 1995). Este grupo de coletores catadores e coletores filtradores estão representados na maioria das ordens dos macroinvertebrados bentônicos, todavia, a maioria das ordens, possuem organismos com hábitos alimentares

diferenciados, sendo os callenbolos a ordem que possui famílias exclusivamente coletoras (ESTEVES, LEAL & CALLISTO, 2011, p. 595).

Na ordem dos efemerópteros, plecópteros, tricópteros, coleópteros e dípteros estão organismos com diferentes hábitos alimentares. Dentro destas ordens pode haver famílias que se alimentam através de filtração, catação e até mesmo por processos de raspagem, fragmentação e predação:

Plecoptera: possuem espécies fragmentadoras, coletoras e predadoras. Quando ninfa muito jovem, as partículas orgânicas muito finas são seu alimento. Conforme as ninfas vão se desenvolvendo seus hábitos vão se diferenciando, tornando-se predominantemente predadoras, todavia, muitas espécies são onívoras (LECCI & FROEHLICH, 2007) “podem pertencer a diferentes guildas tróficas, incluindo fragmentadores, coletores e predadores” (ESTEVES, LEAL & CALLISTO, 2011, p. 593).

Trichoptera: “Esta ordem apresenta espécies bastante diferenciadas quanto a guildas tróficas e tem elevada importância na cadeia trófica aquática, principalmente em riachos de baixa ordem” (ESTEVES, LEAL & CALLISTO, 2011, p. 593)

Diptera e Coleoptera: ordens que apresentam uma dieta generalista, podendo variar de acordo com a família, gênero e espécies, podendo ser: predadores, raspadores, coletores e fragmentadores. Todavia, nos dípteros da família dos *Chironomidae*, a maior parte dos gêneros apresenta um comportamento de comedores de sedimento (coletores).

Ephemeroptera: as espécies desta ordem possuem uma boa variedade de estratégias alimentares enquanto ninfas, podendo ser raspadoras, filtradoras, coletoras, fragmentadoras e predadoras (SALLES *et al.* 2004, ESTEVES, LEAL & CALLISTO, 2011).

Outros organismos apresentam estratégias alimentares que os fazem ocupar os níveis superiores da cadeia alimentar. As ordens dos Odonatas, Megalóptera, Heteroptera são por essência predadora. Estas ordens possuem famílias que se alimentam exclusivamente de outros organismos vivos.

Os Odonatas “são predadores bastante vorazes, podendo preda desde outros invertebrados, incluindo indivíduos da mesma espécie até larvas de peixes e anfíbios” (ESTEVES, LEAL & CALLISTO, 2011, SOUZA, COSTA & OLDRINI, 2007).

As larvas de megaloptera alimentam-se de pequenos invertebrados aquáticos (anelídeos, crustáceos, moluscos e insetos imaturos) podendo praticar a necrofagia e até mesmo o canibalismo (AZEVEDO & HAMADA, 2008).

CAPÍTULO IV – MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Nesta pesquisa utilizamos diferentes metodologias nos levantamentos e tratamentos dos dados. Portanto, para melhor enunciação das diferentes metodologias, optou-se por agrupar em três grupos de procedimentos. O primeiro correspondente aos trabalhos de campo e aquisição dos dados limnológicos, o segundo correspondente aos procedimentos e análises laboratoriais e, por fim, o terceiro trata do processamento das imagens e cartografia e tabulação das informações coletadas *in loco*.

1º Campo

Antes da realização dos trabalhos de campo para a coleta das informações ambientais das bacias, foram escolhidas, *a priori*, algumas bacias e suas respectivas seções de coleta a partir das cartas topográficas na escala 1:10.000 do Alto Curso do Rio Santo Anastácio (IGC 1998), e seus diferentes usos observados pelas imagens de satélite disponíveis no aplicativo Google[®] *Earth*.

Com estes recursos foram observados aspectos ambientais representativos para a pesquisa. Desta forma, foram separadas cinco bacias de terceira ordem segundo a carta topográfica (IGC, 1998), com diferentes usos da terra. O critério para a escolha ocorreu seguindo alguns processos sociais, históricos, econômicos e ambientais que vem ocorrendo na bacia; como a urbanização, a pastagem (uso mais frequente do solo) e a lógica econômica global (exigindo matrizes energéticas sustentáveis) com a introdução de usinas de açúcar e álcool no Oeste Paulista.

Todavia não se sabia o real estado das estradas e se teríamos permissão para entrar nas propriedades. Sabendo disso, saímos em busca destas informações no primeiro trabalho de campo realizado para esta pesquisa. *In loco*, foram observados aspectos que viabilizassem a coleta das informações, principalmente as limnológicas.

A partir destas informações reduzimos nosso campo de observação a três microbacias: a primeira com uso urbano; localizada dentro do município de Presidente Prudente, a segunda com pequenas propriedades e diferentes usos do solo, mas com predomínio de pastagem; localizada no limite dos municípios de Regente Feijó e

Presidente Prudente e, por último, um afluente do córrego do Lajeado a qual se encontra dentro de uma pequena propriedade arrendada à empresa Cocal para a plantação de cana de açúcar; localizada no município de Pirapozinho (mapa 1).

As datas para o trabalho de campo foram escolhidas após a análise do histórico de precipitação aferidas pela estação meteorológica da Faculdade de Ciências e Tecnologia entre os períodos de 1969 a 2008. A partir dela foram escolhidos dois períodos para a coleta dos dados limnológicos, o primeiro no verão por ser um período chuvoso e o segundo no inverno por apresentar pouca precipitação (gráfico 1).

As variáveis limnológicas físico-químicas foram aferidas *in loco*, com uso de aparelhos para: aferição de pH (pHgâmetro modelo mPA 210 PA), turbidez (turbidímetro modelo AP-2000), condutividade (condutivímetro modelo mCA 150P), oxigênio (oxímetro modelo DO-5510) e temperatura (sensor acoplado ao oxímetro) (fotos 1 a 4) bem como o uso de fitas métricas (trenas de 30 e 50 metros).



Foto 1. Medidor de pH digital portátil, Tecnozon, modelo mPA 210 PA. Foto do autor.



Foto 2. Medidor de turbidez portátil, modelo AP-2000. Foto do autor.



Foto 3. Medidor de condutividade portátil, Tecnozon, modelo mCA 150P, Foto do autor.



Foto 4. Medidor de oxigênio do ar / dissolvido/ temperatura digital portátil modelo DO-5510. Foto do autor.

O emprego de macroinvertebrados como bioindicadores apresenta várias vantagens quando empregado juntamente com as tradicionais análises de parâmetros físicos, químicos e físico-químicos da qualidade da água (SILVEIRA, QUEIROZ & BOEIRA, 2004). Para a amostragem de macroinvertebrado bentônico empregou-se um coletor do tipo “Surber” com área amostrada de 900cm² e malha de 250 micrometro, que é amplamente utilizado em coletas da fauna bentônica em ambientes lóticos (Foto 5 e 6).

Em todas as seções foram utilizados o tempo de 5 minutos para a coleta dos macroinvertebrados bentônicos. Neste tempo os materiais que se encontravam dentro da área do surber foram remexidos e transferidos para a malha. Rochas maiores foram lavadas com a finalidade de retirar os organismos ali fixados. Após a coleta, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e fixadas em álcool a 70% conforme as orientações de Silveira, Queiroz & Boeira (2004).



Foto 5. Coletor Surber

Fonte: <http://www.envcoglobal.com>



Foto 6. Coletor Surber sendo utilizado no campo. Foto do autor

Foram coletados sedimentos do fundo do canal (cascalho, areia grossa, fina, muito fina, silte e argila) e armazenados em sacos plásticos devidamente identificados. Para os sedimentos em suspensão foram coletados 600 ml de água do canal e armazenados em garrafas de polietileno.

Os materiais coletados em campo (macroinvertebrados, sólidos suspensos e sedimento de fundo) foram levados ao laboratório de Geologia, Geomorfologia e Recursos Hídricos da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente. As amostras com material biológico passaram por uma pré-triagem, para a retirada de

sedimentos oriundos da seção e em seguida foram acondicionados em potes plásticos, preenchidos com álcool à 70%.

2º Procedimentos e análises laboratoriais.

- Macroinvertebrados

Os macroinvertebrados foram separados dos sedimentos que vieram juntos a eles, para tanto utilizou-se três bandejas plásticas e peneiras graduadas para a lavagem e coleta. Após lavados, o material biológico foi colocado em bandejas para a separação manual dos macroinvertebrados dos materiais agregados a eles (folhas, sedimentos, materiais orgânicos etc.). Para tanto, fez-se uso de lupa, Instrutherm; modelo LP-500, com aumento 8X e lupa binocular modelo desconhecido.

Os macroinvertebrados foram conservados em potes plásticos com álcool 70% na geladeira a uma temperatura de -10 °C para serem triados e classificados.



Foto 7. Lupa Instrutherm; modelo LP-500, aumento 8X.

Fonte: <http://sp.quebarato.com.br>

A triagem e classificação dos organismos foram feitos no laboratório de biologia da Central de Laboratórios do Departamento de Física, Química e Biologia da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (FCT – UNESP). Foram utilizados para identificação Lupa binocular Olympus modelo SZ61 e microscópio eletrônico Leica modelo CME (Foto 8 e 9).



Foto 8. Lupa binocular Olympus modelo SZ61

Fonte: http://www.hi-top.com.tw/new_page_14.htm



Foto 9. Microscópio eletrônico Leica modelo CME

Fonte: <http://imunotehnomed.md/products/167/en.html>

As identificações taxonômicas das famílias foram feitas a partir de chaves de identificação: Calor (2007), Souza, Costa & Oldrini (2007), Lecci & Froehlich (2007), Mariano & Froehlich (2007), Pinho (2008), Segura, Valente-Neto & Fonseca-Gessner (2011), Azevedo & Hamada (2008), Costa Lima (1940).

- Sólidos em suspensão

Para aferição dos sólidos suspensos foram filtrados em membrana de fibra de vidro, 600 ml de amostra dividido em duas porções de 300 ml de água, servindo um como prova e outro como contra prova. O restante do material, por segurança, foi resfriado até a obtenção dos resultados e descartado logo em seguida da tabulação.

Os filtros foram numerados e levados à calcinação em Mulfla (foto 10), previamente estabilizada, a uma temperatura de 500 °C, por 4 horas para a queima de todo o material orgânico que por ventura estivesse no filtro, após a queima foram deixados para esfriar no dessecador por 1 hora. Passado esta etapa, foram aferidas as massas dos filtros em balança analítica Shimadzu modelo AW220 (foto 11) com tara de 100%.

As amostras foram filtradas com bomba a vácuo Primatec modelo 131 (foto 12). Após a passagem de todo o conteúdo líquido os filtros foram dobrados em duas partes com o material coletado virado para dentro (foto 13) e levado à estufa de secagem (foto 14) estabilizada a temperatura de 103°C onde permaneceu por uma hora.

Passado este período de uma hora todos os filtros foram colocados no dissecador para esfriar e logo em seguida serem aferidas as massas dos materiais coletados. O mesmo procedimento anterior adotado para aferir a atual massa dos filtros (Foto 10 a 13).



Foto 10. Mulfla



Foto 12. Bomba à vácuo
Prismatec modelo 131



Foto 14. Estufa de secagem e
estabilização



Foto 11. Balança analítica
Shimadzu modelo AW220



Foto 13. Filtros de
membrana de fibra de vidro

Fotos 10 a 14 produzidas pelo autor

Anotada a massa atual, os filtros foram levados à mulfla por quatro horas a uma temperatura de 500°C, a fim de volatilizar todo o material orgânico presente nos mesmos. A amostra então foi levada ao dissecador para esfriar para então ser aferida a nova massa com os mesmos procedimentos supracitados.

- Sólidos de fundo

O material coletado levado ao laboratório foi seco a temperatura ambiente durante dois a três dias, retirado o material orgânico grosseiro (folhas, galhos etc.) e destorroado com pilão cerâmico e pistilo de borracha para não quebrar os grãos. Pós esse processo, foram separados e aferidos em balança analítica (foto 11) 100g de cada amostra.

O fracionamento do material ocorreu através do peneiramento deste sedimento obedecendo a metodologia Wentworth que consiste na disposição de peneiras com

malhas variadas e padronizada uma sobre as outras. Para tanto, este material é posto em movimento com a ajuda de agitador RODAP por cinco minutos (foto 14). Logo em seguida, o material fracionado foi levado novamente à balança analítica para aferir a massa das partes, conforme demonstra o quadro 3.

Quadro 3. Classificação dos sedimentos segundo seu diâmetro.

Diâmetro	Classes Wentworth
> 2,00 mm	Seixos e grânulos
1,0 0 mm	Areia muito grossa
0,500 mm	Areia grande
0,250 mm	Areia média
0,125 mm	Areia fina
0,062 mm	Areia muito fina
< 0,062	Silte e argila (material muito fino)

Fonte: Araujo (2007)



Foto 15. Sedimentos de fundo secando a temperatura ambiente. Foto do autor.



Foto 16. Agitador RODAP com peneiras para fracionamento de sedimentos. Foto do autor

3º Elaboração das cartas temáticas

A elaboração dos documentos cartográficos foi feita a partir da base planialtimétrica do Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo (1998); escala 1:10.000; folhas 058/028; 058/029; 059/030; 060/030; 060/028 e 061/028; com datum altimétrico e planimétrico de referência *South American Datum 1969* (SAD_69), das fotografias aéreas da Engemap Set/2008 com resolução espacial no terreno de 25 cm e dos trabalhos de campo realizados durante toda a pesquisa.

Para a elaboração dos mapas geomorfológicos foram feitas consultas à base geomorfológica do município de Presidente Prudente na escala 1: 25.000, elaborada por Nunes *et al.* (2009).

O material utilizado para a elaboração do mapa de localização foi de outra base cartográfica com escala menor das encontrada nos materiais desta pesquisa. Este mapa teve como base os documentos cartográficos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (1974), folhas: SF-22-Y-B-III-1, SF-22-Y-B-III-3, SF-22-Y-B-II-2 e SF-22-Y-B-II-4 na escala 1: 50.000.

Os mapas foram elaborados dentro do ambiente SIG; formando camadas diferenciadas de acordo com o tema e suas características (modelos altimétricos, planimétricos, imagens e cadastro), para tanto foram utilizado os *software* SPRING[®] versão 5.2; disponível gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) e o ArcqMap[®] versão 10; com licença disponível para o Grupo de Pesquisa GADIS (Gestão Ambiental e Dinamica Socio-espacial). Para a elaboração do *layout* final das cartas foi utilizado o programa CorelDRAW[®] versão X4, com licença disponibilizada pelo grupo de pesquisa supracitado.

Para a elaboração da carta clinográfica foram obedecidas as orientações dispostas no tutorial elaborado por Prado e Meneguette (2008). Desta maneira foram importados para o ambiente SIG as cartas topográficas do IGC na extensão GeoTIFF. No *software* SPRING[®] foram vetorizados no plano de informação MNT (Modelagem Numérica do Terreno) curvas de nível com os respectivos valores altimétricos, juntamente foram desenhados em outro plano de informação a drenagem das bacias em estudo.

As classes de declividade foram estabelecidas a partir dos croquis de campo com a identificação das áreas com maior energia (regiões denudacionais), áreas mais estáveis e áreas de acumulação (regiões de agradação). Com a identificação destas áreas gerou-se dentro do ambiente SIG o plano de informação com diferentes ângulos de declive e a partir de então foram estabelecidos as cinco classes de declividade para a carta.

A estereoscopia, na fotointerpretação é obtida através de pares de fotografias aéreas (par estereoscópico ou estereopar), onde estão presentes, de modo comum em cada fotografia, 60% do recobrimento longitudinal e 30% do recobrimento lateral (figura 22). Assim, com o uso de estereoscópio modelo Topcon Model 3 Mirror Stereoscope (Foto17 e 18) é possível diferenciar feições geomorfológicas pertinentes ao estudo da dinâmica do relevo.

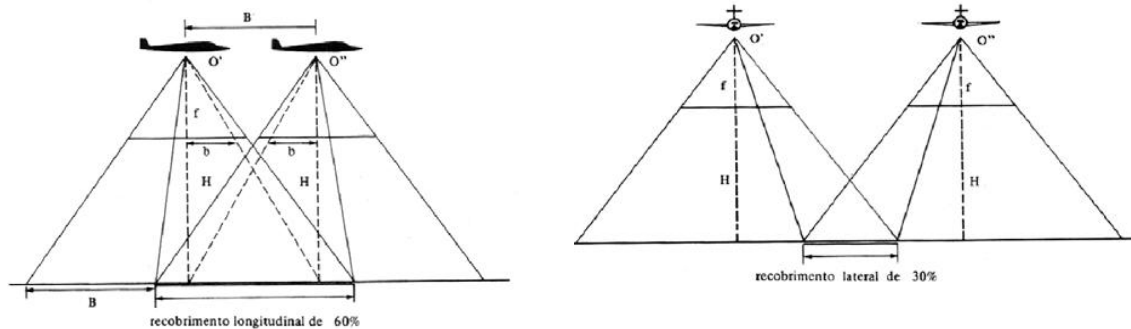


Figura 22. Linha de voo realizado em um levantamento aerofotogramétrico (SANTOS e DIAS 2011).



Foto 17. Estereoscópio modelo Topcon Model 3 Mirror Stereoscope. Foto do autor.



Foto 18. Processo de retirada das feições morfológicas das fotografias aéreas através da estereoscopia. Foto do autor.

Para a extração das feições geomorfológicas, em primeiro momento, foram realizados trabalhos de campo para o reconhecimento da área e elaboração de croquis morfológicos e elaboração de planilhas com os principais problemas encontrados em cada área. Em seguida foi construída a relação de feições que seriam pertinentes para os estudos geomorfológicos. Desta maneira, foram extraídos para o overlay os canais fluviais, as planícies aluviais e as nascentes difusas, os divisores de água, as áreas de topo, as cabeceiras de drenagem em anfiteatros e, por fim, a forma e a orientação das vertentes (côncava, convexa ou retilínea).

Com base nas fotografias aéreas, nas cartas topográficas 1:10.000, na Lei 12.651/12 e nos trabalhos de campo, foram criados polígonos com intervalo a cada 10 metros em uma distância de 50 metros em cada margem. A finalidade, em primeiro momento, foi de verificar a largura marginal da mata ciliar, assim como o cumprimento do artigo 4º da Lei supracitada e de áreas com conservação superior a exigida pela lei supracitada. Em segundo momento, unir estas informações de prolongamento e conectividade do canal. Assim, para calcular o tamanho ao longo do rio a referência utilizada foi as coordenadas das seções amostrais dos dados limnológicos, desta maneira, os polígonos criaram distâncias radiais com intervalos de 10 metros em um espaço de 100 metros.

A partir destas informações foi calculado o tamanho da mata ciliar em cada margem e a conectividade da mata no intervalo entre as seções localizadas a montante ou da seção a nascente. Após aferidas as distâncias, atribuiu-se pontuações de acordo com a largura da mata ciliar em cada margem, sua conectividade e estrutura observada *in loco*, conforme se observa no quadro 4. Estas informações formaram a base para a compreensão da estrutura do biótopo e a organização da biocenose.

Quadro 4. Parâmetros para a classificação da qualidade da vegetação ciliar.

	Vegetação inferior a 10 metros	10 a 30 metros sem conexão com a seção a montante	30 a 50 metros sem conexão com a seção a montante	Vegetação a montante bem estruturada, com conexão a seção a montante ou a nascente
Vertente com vegetação ciliar inferior a 10 metros com macrófitas aquática cobrindo totalmente o canal	1	2	3,3	4
Vertente com vegetação ciliar inferior a 10 metros, com macrófitas aquática cobrindo parcialmente o canal	1,6	2,6	4	4,6
Vertente com vegetação ciliar entre 10 e 20 metros.	3	4	5,3	6
Vertente com vegetação ciliar entre 20 e 30 metros	5,6	6,6	8	8,6
Vertente com vegetação ciliar com 30 metros ou mais	7	8	9,3	10

Fonte: elaborado pelo autor.

CAPÍTULO V – UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DA ÁREA DE ESTUDO

Ab'Saber (2010) salienta que a paisagem é uma herança de processos naturais e, por estarem inseridas dentro de uma estrutura social, também é patrimônio coletivo de um povo, que através das gerações se apropriam dela através da cultura e dos processos de territorialização.

Num primeiro nível de abordagem, poder-se-ia dizer que as paisagens têm sempre o caráter de herança de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente. [...] Nesta tarefa, as forças naturais gastam de milhões a dezenas de milhões de anos. Por sua vez, os processos remodeladores são relativamente modernos e mesmo recentes, restringindo-se basicamente ao período Quaternário, e medem-se por uma escala de atuação de processos interferentes, cuja duração gira em torno de alguns milhares, até dezenas, ou quando muito, centenas de milhares de anos. (AB'SABER, 2010, p. 9)

A paisagem é um processo contínuo de modelagem e remodelagem de suas estruturas, onde a interação de seus elementos, na maioria das vezes, nos permite determinar com exatidão e de forma holística sua dinâmica. Pois bem, é necessário saber que seu resultado é proveniente de uma lógica caótica, porém, quando empregamos o termo caos, estamos nos referindo a ideia de “sistemas dinâmicos instáveis” proposto por Prigogine (MASSONI, 2008), onde o comum do sistema é sua irreversibilidade.

Desta maneira, a paisagem atual é resultado de processos dinâmicos naturais ocorridos em passados remotos, na ordem de grandeza de milhões de anos, e dinâmicas atuais envolvendo os processos naturais e antropogênicos; momento enquadrado no tempo geológico na Época do Holoceno (Quaternário). Esta relação dialética entre Homem e a Natureza de transformação e negação um do outro os modificaram no decorrer da evolução do holoceno.

Não estamos falando aqui de um ser espacial que chegou à Terra para povoar, e sim, de uma espécie natural *Homo sapiens* (com cerca de 200 mil anos de evolução) que atingiu tal desenvolvimento intelectual a ponto de transformar de forma significativa o meio em que vive.

Portanto, os processos geomorfológicos naturais e sua dinâmica, já antropizada, não podem mais ser revertidas para as condições pretéritas de quinhentos ou até mesmo

duzentos anos atrás, haja vista sua irreversibilidade. Neste momento da nossa história, a qual se mistura com a da natureza, o homem busca, já dentro de mundo técnico-científico e informacional, entendimentos sobre a dinâmica natural em suas múltiplas escalas.

5.1 – Caracterização da bacia do córrego do Botafogo.

Dentro das condições geomorfológicas, de cobertura da terra e de sua ocupação a bacia do córrego do Botafogo, como já supracitado, possui características não presentes nas outras bacias deste estudo. Torna-se singular por ter suas vertentes loteadas e ocupadas por conjuntos habitacionais. Desta forma, o solo está recoberto por uma camada asfáltica impermeabilizante que interrompe o processo de percolação da água.

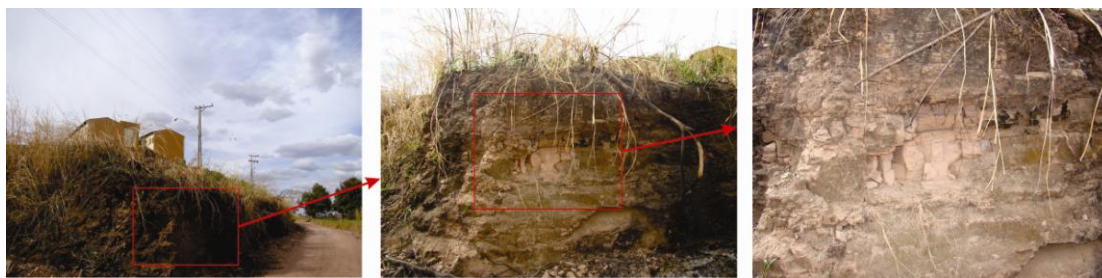
Outros problemas de origem urbana também estão presentes nesta bacia: a utilização de erosões como depósitos de entulho (MATOS, 2009) e outros tipos de lixo são encontrados desde o interflúvio até o talvegue; risco de contaminação por esgoto doméstico (clandestino ou não) ocasionado pelo grande número de moradias e pelo aparecimento de falhas constantes na estação elevatória de esgoto da SABESP; aumento da vazão do canal no momento das precipitações e consequentemente a distribuição do lixo por todo o canal fluvial entre outros problemas.

A bacia, de modo geral, apresenta predominantemente declividade média, inclinações entre 5 e 12%, sobretudo nas vertentes localizadas a esquerda do canal principal. Inclinações acentuadas são mais frequentemente encontradas margeando o canal em toda a sua extensão, em alguns trechos, por conta do processo de solapamento as inclinações podem ser superior a 30%.

5.1.1 – Dinâmica geomorfológica

Divisores formados por interflúvios colinosos escalonados relativamente planos inferiores a 5%, em sua maioria. Separados por colos estas colinas podem ser agrupadas em dois compartimentos que obedecem aos níveis topográficos. O primeiro corresponde ao nível acima de 460 metros e segundo com nível entre 430 a 420 metros (SUDO, 1980).

A nordeste, os divisores da área de cabeceira do córrego do Botafogo possuem estruturas correspondentes ao sub-compartimento da nascente do córrego do Cedro da classificação de Sudo (1980), o qual corresponde aos espigões que se articulam com a superfície da cimeira regional. Por conta desta estrutura de dissecação é encontrado, com frequência, afloramento rochoso (arenito Adamantina²) ou solos pouco profundos (Fotos 19 a 21).



Fotos (19, 20 e 21) Afloramento do arenito adamantina em área de cabeceira do córrego do Botafogo. Fotos do autor.

Nesta porção do divisor de águas da bacia o ponto cume da colina apresenta superfície relativamente plana, com declividades não superiores a 5% de inclinação, convexo e suavemente ondulado. Todavia sua área de dissecação está muito mais evidente nas vertentes da bacia em estudo em relação a vertente oposta pertencente a bacia do córrego do Veado (figura 23).

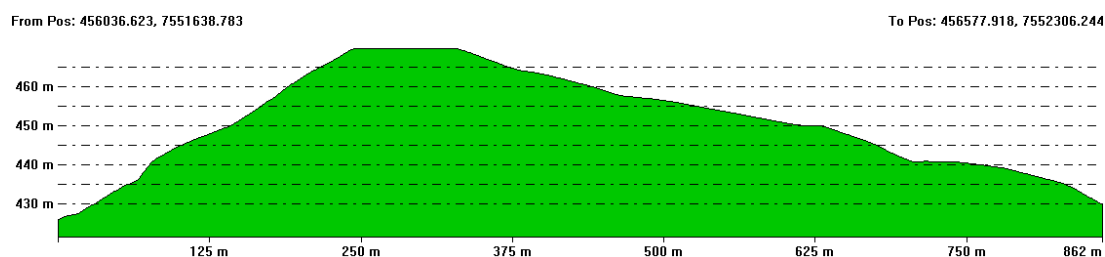


Figura 23. Perfil longitudinal sudoeste - nordeste, dos divisores de água da região mais elevada da bacia. Fonte: modelagem a partir da carta topográfica com equidistância das curvas de 5 metros (elaborado pelo autor).

Como é possível observar no perfil longitudinal do divisor de águas a vertente voltada para o córrego do Botafogo possui maior inclinação quando comparada com a

² [...] a Formação Adamantina abrange um conjunto de fácies cuja principal característica é a presença de bancos de arenito de granulação fina a muito fina, de cor rósea à castanha, apresentando estratificação cruzada, com espessura variando entre dois a vinte metros, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanha avermelhada à cinza - castanho, maciços ou com acamamento plano paralelo grosseiro, frequentemente com marcas de onda e micro estratificação cruzada (BOIN, 2000 p. 15)

vertente oposta. Esta característica contribui para aumentar o potencial erosivo e, consequentemente, a morfogênese em detrimento da pedogênese. Assim, é possível constatar que esta região da bacia, quando não coberta por uma vegetação bem estratificada, colabora significativamente com o aporte de sedimentos no leito do canal de drenagem. Possivelmente, nesta área o escoamento superficial será muito superior ao subsuperficial. Desta forma a água não ficará muito tempo nesta região da bacia, direcionando-se de modo torrencial para as áreas mais baixas.

Já os anfiteatros, a sudeste deste ponto, possuem inclinações predominantemente entre 12 a 20 % (alta), podendo ocorrer pequenas rupturas de relevo com declividades acima de 30%, seu formato convergente contribui para o surgimento de inúmeros pontos de dissecação do relevo. Suas vertentes retilínea-côncavas convergem a um ponto exutório todo o fluxo. Nestas circunstâncias ocorre o surgimento de vários pontos de nascentes que formarão inúmeros canais de primeira ordem.

A organização diferenciada destas vertentes, juntamente com a convergência do fluxo fluvial, contribui para criar uma morfologia extremamente delicada e muito suscetível a erosão. Em um olhar mais amplo sobre o relevo do entorno nota-se a existência de pequenas vertentes de formatos côncavo-retilíneos ou convexo-retilíneos que dão condições para o surgimento de canais de primeira ordem direcionados para o canal principal que corre de NE – SO, nesta região da bacia.

Do lado oposto, na parte oeste da região de cabeceira encontra-se outra formação em anfiteatro, porém com vertentes convexas dispersora, espalhando, dentro da área central, o fluxo superficial para no sentido N-NE e S-SE. Estas águas, juntamente com as vertentes retilínea-côncavas direcionam todo o fluxo para a vertente côncava receptora.

De modo geral, as vertentes do alto curso são curtas e de diferentes formatos, sobressaindo as de formato côncavo e retilíneo, e orientadas para outras vertentes mais alongadas, geralmente côncavas. Formação que direciona a água superficial a um canal principal, em muitos momentos estas pequenas vertentes direcionam o fluxo diretamente para o canal mais próximo.

A presença do nível freático muito próximo à superfície, geralmente na baixa vertente, faz surgir também nascentes difusas³, podendo ser observadas facilmente pela

³. As rochas da área de estudo, Formação Adamantina Unidade Kav, são compostas de bancos de arenito de granulação fina a muito fina, cor de róseo a castanho, com espessura variada, alternados com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos [...]. Os sedimentos mais arenosos, permeáveis ao se assentarem sobre os bancos de

presença de solos hidromórficos (muito úmidos) nas vertentes. Segundo Dibieso (2013) o alto curso do rio Santo Anastácio, assim como a área em estudo, apresenta características geológicas que colaboram para o aparecimento dessas áreas mal drenadas. O autor salienta que estes tipos de ambientes são fundamentais para a perenidade dos corpos hídricos, portanto, a ocupação antrópica deve ser evitada e a vegetação natural (higrófila) deve ser preservada.

As nascentes difusas são o resultado da interação clima, rochas, relevo e solos sendo facilmente localizadas na paisagem pela vegetação diferenciada. Neste contexto, as nascentes difusas podem ter uma maior ou menor presença de água de acordo com os meses do ano, as rochas, o relevo, as características pedológicas e uso da terra que vão interferir na relação infiltração→escoamento→retenção d'água no solo. As vegetações destas áreas diferenciam-se do restante da paisagem por serem típicas de ambiente hidrófilo. A água concentrada nas nascentes é o resultado de toda água que infiltrou e foi transportada através do solo e da rocha, que geralmente, pela sua constituição granulométrica diferenciada possibilita a retenção e/ou afloramento da água (Dibieso, 2013).

De acordo com o autor (*op cit*) as águas subterrâneas destes ambientes são muito suscetíveis à contaminação, por estarem muito próximas à superfície o solo hidromórfico não consegue barrar estes contaminantes.

Como característica da área de cabeceira, a sequência de colinas pouco alongadas, facilmente observados no perfil longitudinal A – B, nas quais pode-se observar interflúvios curtos com cimeira bem reduzida por conta da estrutura de dissecação, deixando em evidencia a alta declividade e grande quantidade de canais (figuras 24).

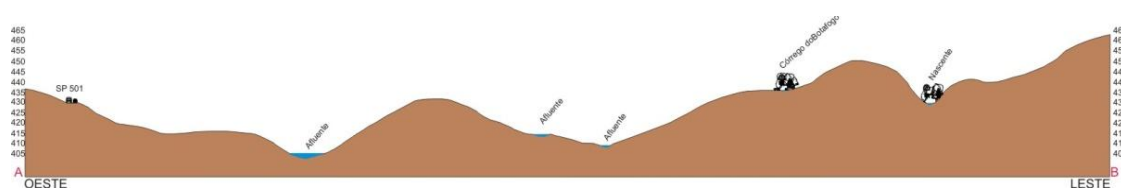


Figura 24. Perfil longitudinal de leste a oeste, da região norte e nordeste da bacia, (MATOS 2009).

sedimentos silto-argilosos, pouco permeáveis, dão origem ao primeiro lençol de água subterrânea. Esta situação comum na região de Presidente Prudente deve-se às características geológicas da Formação Adamantina, onde há a intercalação de camadas arenosas com camadas argilas, proporcionando uma alternância de camadas com maior permeabilidade e menor permeabilidade, ocasionando assim o retardamento do fluxo de infiltração, com concentração e encharcamento do solo em vários níveis (DIBIESO, 2013, p. 113-114).

Esta estrutura dissecada não é observada nos topos existentes na porção sudeste, sudoeste, oeste da bacia, porém também apresentam cumes suavemente ondulados porém mais amplos do que os encontrados na região de cabeceira.

Vertente

Ao Sul da rodovia Júlio Budiski (SP 501) as inclinações são mais suaves que as encontradas na área de cabeceira, os topos são amplos, ligeiramente convexos com inclinações entre 0 e 5%. Assim, também ocorre nos interflúvios internos, porém os divisores da vertente direita possuem, de forma intercalada, declividades entre 0 e 5% e entre 5 e 12%, esta intercalação também ocorre na nos interflúvios da margem esquerda, contudo, as inclinações mais frequentes estão entre 5 e 12% (mapa 3), em sua maioria as altas vertentes possuem formato côncavo nos colos e convexo-retilíneo próximo aos topos.

Na baixa vertente predominam declividades entre 5 e 12% podendo ocorrer, com certa frequência, áreas mais suaves entre 0 e 5% e, em alguns momentos, pequenas rupturas com declive entre 12 a 30%. Possuem tamanhos variados, sendo encontradas vertentes curtas e retilíneas orientadas para uma vertente mais alongada e côncava formando estruturas de lavagem e coletora de água. Porém, as vertentes localizadas entre as cotas mais baixas dos interflúvios divisores e o canal fluvial formam estruturas distribuidoras de água com formatos convexo e retilíneo (CASSETI, 2005).

Vale salientar as informações morfológicas da área urbana, que está construída nos terrenos mais suaves e menos movimentado da bacia, estas possuem vertentes em formato convexo-côncavo com inclinação entre 5 e 12%, organizadas em estruturas coletoras de água. Normalmente, estas vertentes possuem uma dinâmica de lavagem (CASSETI, 2005), desta maneira, unidas ao arruamento, que neste caso, foi construído de modo ortogonal e posicionado na mesma orientação que a vertente, concentram praticamente toda a água de uma precipitação em um único ponto, potencializando o processo de sulcagem.

Esta forma de arruamento traz consigo implicações ambientais drásticas tais como: aumento na carga de resíduo sólido e líquido no leito maior, diminuição da infiltração, aceleração do escoamento superficial durante as precipitações, intensificação dos processos erosivos, polarização da capacidade de vazão dos rios, aumento na frequência e na intensidade das enchentes e inundações durante as precipitações e

diminuição da vazão no período de estiagem (LEAL, 1995). Condições que desestabilizaram o leito fluvial. A aceleração do escoamento superficial colabora para aumentar a capacidade de trabalho do fluxo, desta maneira, o rio, aumentará seu poder de entalhamento. Evolução que para Davis (1909) *in* Christofolletti (1981) acontecem, na natureza, de forma muito lenta, pois é necessário que ocorra mudanças na relação ente carga detrítica e volume.

Este comportamento hidráulico, recorrente no trecho urbano da bacia, transformou, em pouco espaço de tempo, as estruturas morfológicas pretéritas. Análises fotogramétricas mostraram que no passado o córrego do Botafogo e seus afluentes corriam sobre uma planície fluvial a cerca de quatro metros acima da cota atual. Sua gênese está vinculada às baixas declividades do perfil longitudinal do canal que favorece a diminuição da força de transporte, em vista do seu volume e velocidade que dão condições para que o rio aterre o seu leito. Porém, com o advento da urbanização e, consequentemente, com a impermeabilização das vertentes, seu leito foi escavado e suas margens solapadas pela força da água.

Hoje, seu leito é formado pelo afloramento do arenito Adamantina que antes estava sobre camadas de solo hidromórfico e de sedimento fluvial. Com o rebaixamento do talvegue, a antiga planície de inundação transformou-se em terraço aluvial levemente ondulado. Entre o terraço e o atual leito de inundação ocorrem rupturas no terreno com declividades de 100 % (maiores que 45° de inclinação) como é possível verificar nas fotografias 22 e 23.



Foto 22. Terraços aluviais formados a partir do rebaixamento do talvegue, leito fluvial formado por arenito e margem soterrada por depósitos recentes. Foto do autor



Foto 23. Margem solapada do terraço aluvial com declividade maior que 100%, expondo o solo hidromórfico. Foto do autor

O médio e baixo curso apresentam algumas nascentes difusas, principalmente próximas aos terraços fluviais (fotos 24 e 25), formando canais intermitentes (mapa 2). Em determinados pontos a água surge na superfície naturalmente ou por conta de açudes para a dessedentação animal.



Foto 24. Afluente do córrego do Botafogo com margens solapadas e vertentes com manchas escuras característico de áreas de nascente difusa. Foto Engemap (2008).



Foto 25. Açudes construídos nas áreas de nascentes difusas na média vertente, nesta área ocorre o surgimento de canais intermitentes, todos sem proteção ciliar. Foto Engemap (2008).

Por fim, na margem esquerda, já na confluência com o córrego do Cedro, é possível identificar escarpas muito proeminentes. Sua inclinação chega a atingir, segundo Sudo (1980) 32 metros de desnível com inclinação de 37° entre o cume e a base da escarpa.

5.1.2 – Morfologia fluvial do córrego do Botafogo

Assim, dentro da bacia do córrego do Botafogo há uma complexa relação entre os fatores supracitados. A ocupação nesta bacia gerou quantidades de formas diferentes uma das outras. As mesmas conformações de vertente produziram estruturas fluviais distintas. Nas áreas de cabeceiras foi observado, apesar da alta declividade, maior quantidade de depósitos fluviais em relação à jusante, porém com elevado grau de dissecação nos pontos de cotas mais elevadas. Já no médio e baixo curso o canal fluvial percorre um leito erodido, provocado pelo aumento da vazão nos momentos de fortes precipitações.

Observando o canal principal da bacia, o córrego do Botafogo possui um desnível topográfico de 80 metros percorrendo uma distância de 4,3 km, sendo que da nascente, próximo da cota dos 450m até a cota 390m o canal percorre apenas 1,6km, isto é, em pouco mais de um quilometro e meio o canal desce 60 metros. Nestas

condições a inclinação da nascente até a cota deste ponto exutório é de 2°9' aproximadamente (De Biasi, 1992), porém, a declividade se mostrará mais acentuada em determinados pontos como nas nascentes e mais suave em outros (figura 25), construindo estruturas mais propícias ao seu entalhamento.

Por outro lado, os trechos do canal mais a jusante possuem um desnível de 20m entre as cotas 390 a 370 metros, porém percorrendo uma distância de 2,7km, trecho com inclinação, de modo geral, inferiores a 1° (0°3'). O terreno é extremamente suave, muito propício à deposição de sedimentos. Assim, no passado, possivelmente, antes da ocupação urbana, este canal percorria todo este trecho em uma pequena bacia de inundação (figura 25).

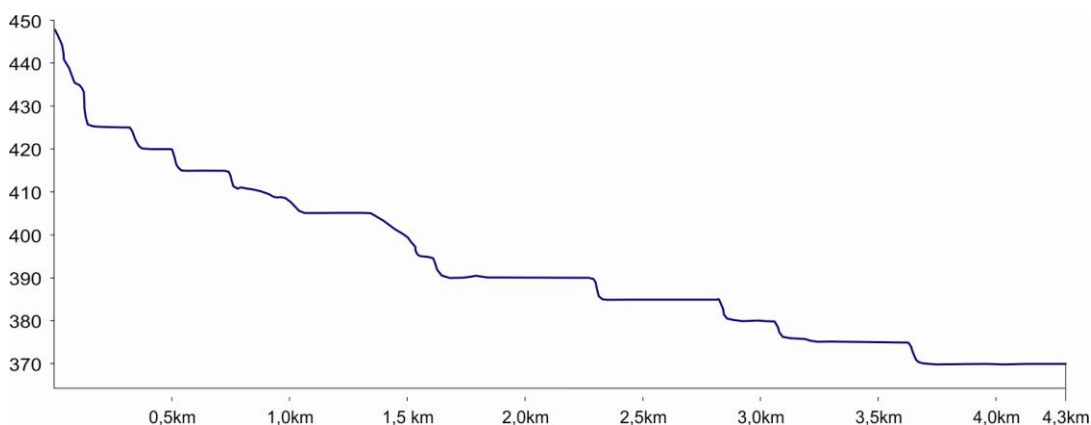


Figura 25. Perfil longitudinal do canal principal do córrego do Botafogo. Fonte: modelagem a partir da carta topográfica com equidistância das curvas de 5 metros (elaborado pelo autor).

É possível observar na Balança de Lane (figura 17) a relação entre: tamanho dos sedimentos, carga sedimentar, declividade e vazão com os processos erosivos ou de aggradação, assim, na bacia estes processos formam ambiente e ocorrem da seguinte forma:

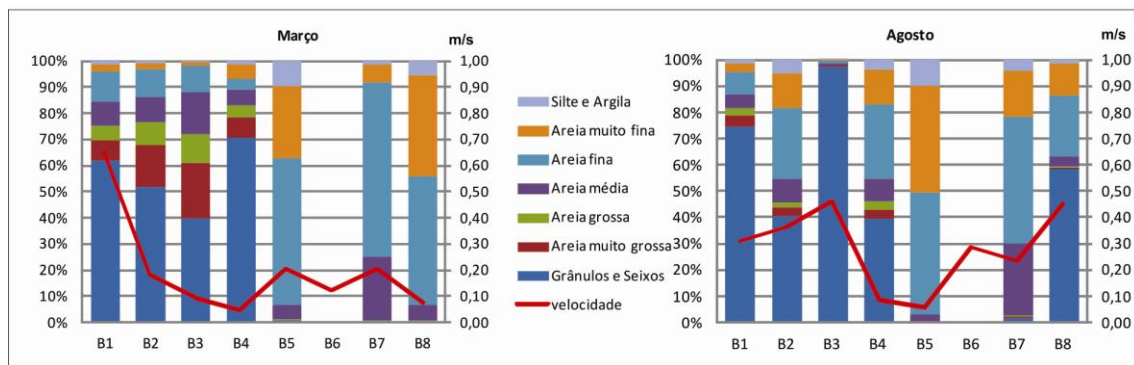
- aggradação na área de cabeceira: a grande quantidade de sedimentos que é fornecida ao canal ocorre por conta da alta declividade das vertentes. Essa característica favorece a denudação, portanto, a quantidade de sedimentos ofertada ao canal é grande. Porém, o aumento do escoamento superficial das vertentes e a quantidade de sedimentos, principalmente areia fina e muito fina, por extrapolar a capacidade de transporte este material assoreia o leito fluvial. Em eventos de precipitações fortes, ocorrem variações pouco significativas na seção B7, diferentemente do

comportamento da seção B8, onde as chuvas torrenciais de inverno fornecem sedimentos grosseiros (grânulos e seixos) ao leito fluvial.

- degradação no baixo e médio curso: o escoamento superficial urbano aumenta de forma significativa a vazão (Q) do canal no momento da precipitação, concentrando o fluxo de água em um único ponto. Essa água adquire força suficiente para aprofundar o leito fluvial aumentando sua inclinação com relação ao topo, desta maneira, o fluxo fluvial adquire maior energia possibilitando movimentar maior carga sedimentar e de granulações variadas que colaborará na abrasão do leito. Contudo, no período de estiagem ou de precipitações pouco significativas ocorre a deposição de sedimentos mais finos em cima deste material grosseiro. Conforme se observa nos gráficos (2 e 3) as seções B2 e B4, frutos desta dinâmica.

A falta de cobertura florestal nas margens do canal contribui para o aterramento do seu leito; principalmente no alto curso. Por outro lado, no médio e no baixo curso o trabalho erosivo da água é mais ativo, construindo estruturas erodidas. Como é possível verificar pela granulometria dos sedimentos do fundo do canal.

Nas seções da cabeceira (B7 e B8) e na seção com vegetação ciliar (B6) ocorrem sedimentos finos de maneira geral (argila, silte, areia muito fina e fina) com a predominância de areia fina. No mês de agosto ocorre uma pequena variação na granulometria predominante nas seções (B5 e B7). Contudo, na seção (B8), neste período, constatou-se uma variação significativa no tamanho de seus sedimentos, apresentando uma composição de 58,6% de grânulos e seixos conforme se observa nos gráficos (2 e 3).



Gráficos 2 e 3. Granulometria sedimentar do material do fundo do leito encontradas nas seções do córrego do Botafogo nos meses de março e agosto.

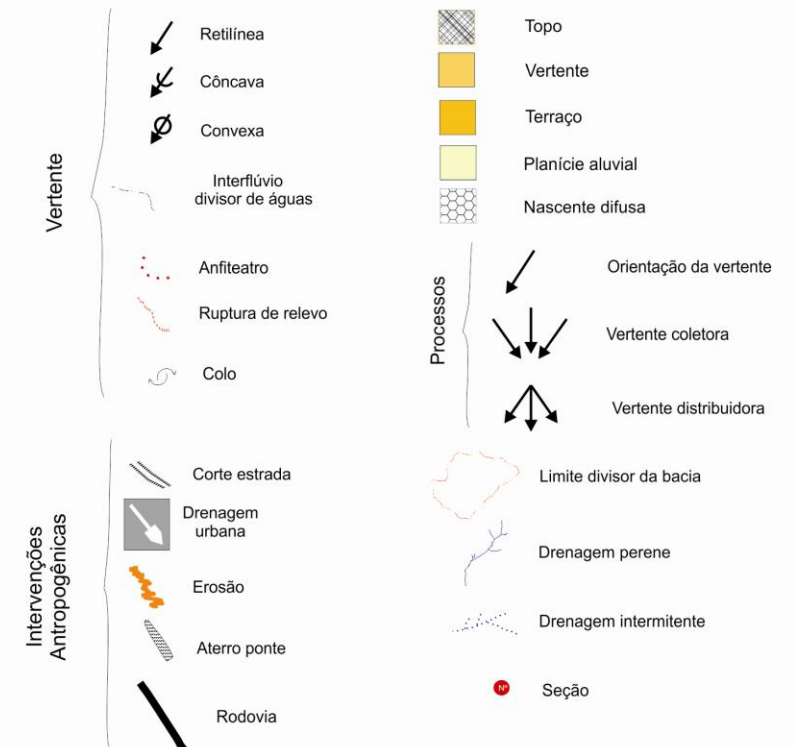
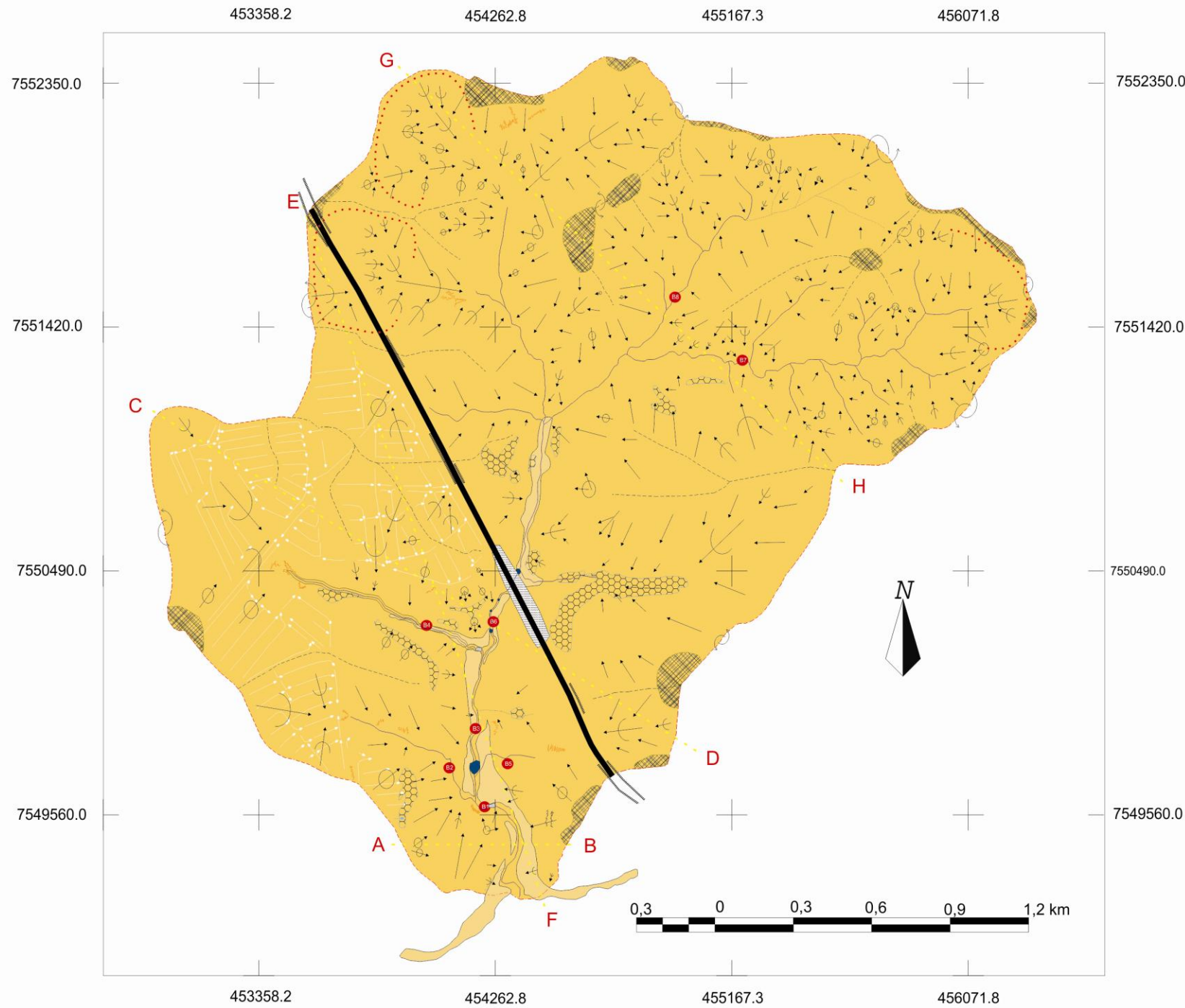
A seção B6 é a única que não possuía sedimentos no fundo. Nesta região da bacia o leito percorre o afloramento arenítico, ocorrendo, em alguns pontos, estanques formados por folhas e galhos transportados pelo canal. Este ambiente só ocorre por conta da força hidráulica que erodiu suas planícies de inundação transformando-as em terraços aluviais e expondo a rocha matriz ao intemperismo. Nestas condições a rocha matriz foi exposta e escavada nos locais em que apresentava desnível natural, formando inúmeras depressões, hoje cobertas por água (fotos 26 e 27).



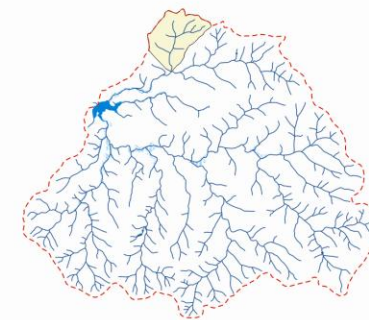
Fotos 26 e 27. Canal principal da bacia correndo sobre o afloramento arenítico formando pequena queda d'água. Fotos do autor.

As seções a jusante (B1, B2, B3 e B4), assim como a seção B6, correm em leito formado por arenito com falhas naturais que formam pequenas quedas de água criando pequenas depressões. Todavia, diferentemente do que ocorre na seção B6, estas seções apresentam predominantemente grânulos e seixos no leito. Vale salientar a qualidade desse material encontrado no médio e baixo curso. Sua composição é formada de resíduos da construção civil, além de lixo doméstico oriundos da área urbana circunvizinha.

Bacia do córrego do Botafogo Carta geomorfológica



Localização

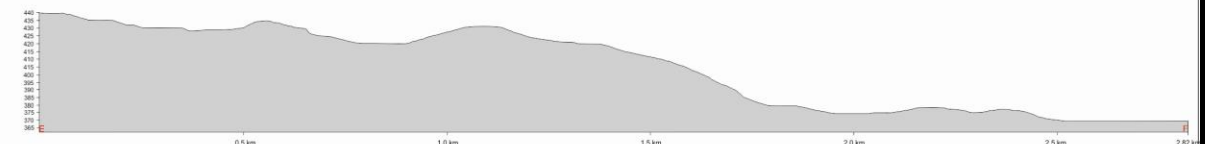
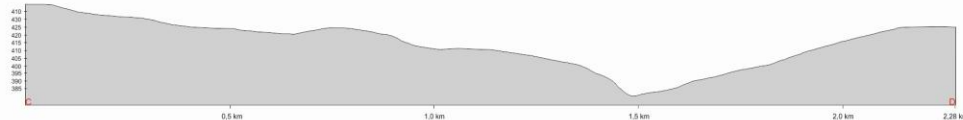
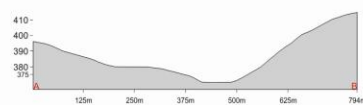


Apoio:
GADIS
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

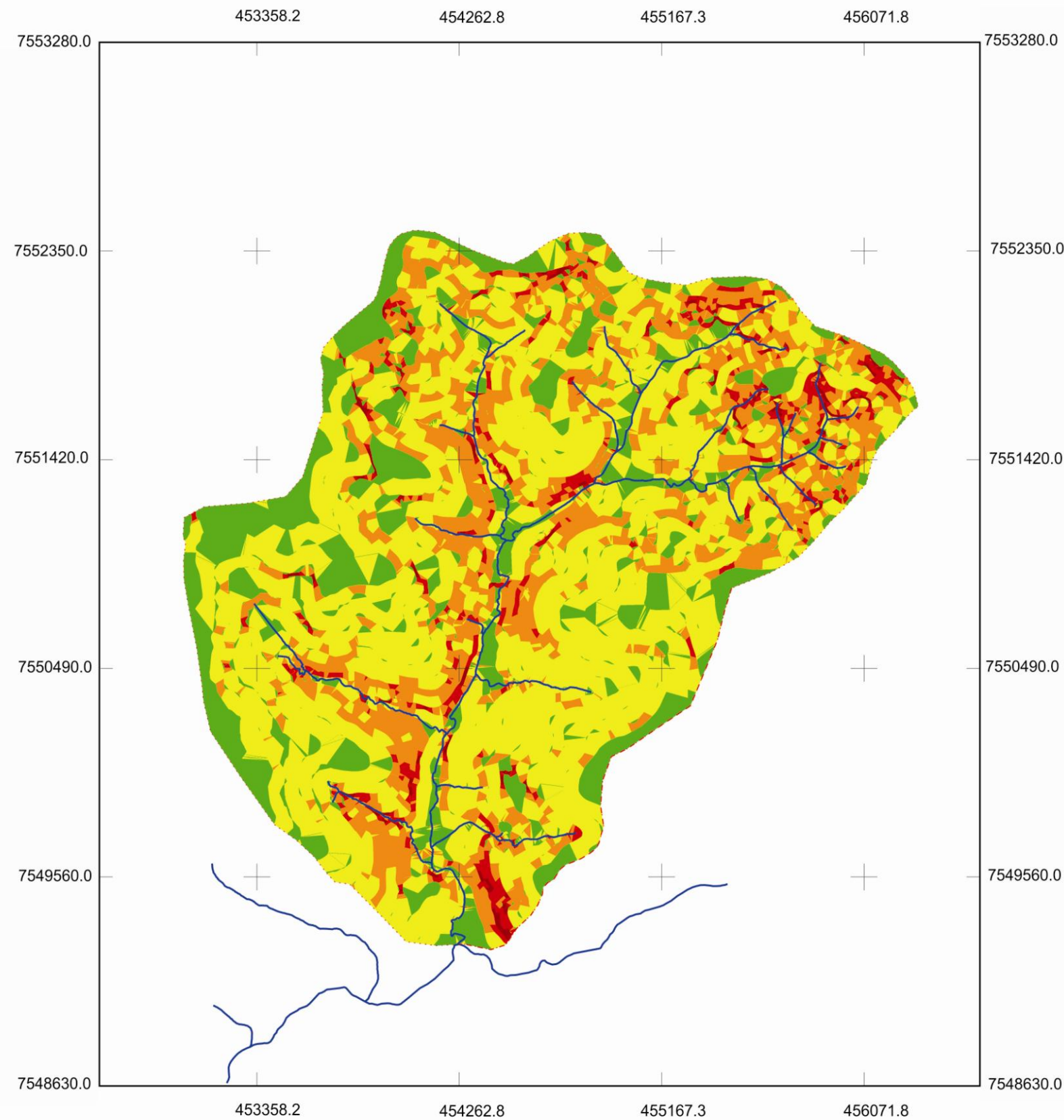
Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luiz de Azevedo

Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 1969)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

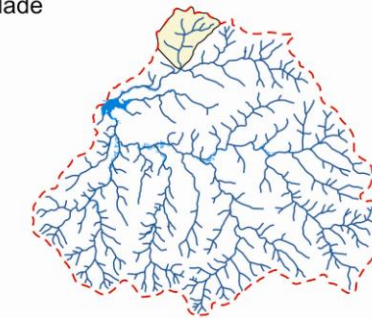
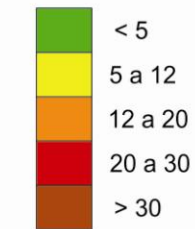
Mapa 2



Bacia do córrego do Botafogo Mapa de declividade



Classes de declividade
em %



Limite da bacia



Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

Mapa 3

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Pirolí

5.1.3 – Uso e cobertura da terra na bacia do córrego do Botafogo

De acordo com o mapa de Zoneamento de Uso e Ocupação da Prefeitura de Presidente Prudente (2008), a bacia possui, de modo geral, cinco zonas. As áreas de cabeceiras não estão ocupadas pela malha urbana, porém são divididas em duas zonas distintas: 1) zona residencial de média densidade populacional, de ocupação horizontal e 2) zona de interesse urbanístico especial e zona de interesse especial de subestação rebaixadora de energia elétrica.

Já o médio e o baixo curso possuem a seguinte organização: 1) zonas de comércio e serviços de vias principais e secundárias de bairro e região; 2) zonas de indústrias não poluitivas e 3) zona residencial de alta densidade populacional de interesse social, e ocupada horizontal e verticalmente. Esta última zona possui áreas já ocupadas por residências e outras ainda com atividades predominantemente agrícola (quadro 5).

Quadro 5. Usos permitidos pelo zoneamento municipal de Presidente Prudente.

Uso	Permitidos	Tolerados	Proibidos
zona residencial de média densidade populacional, de ocupação horizontal	Residencial unifamiliar Residencial unifamiliar horizontal e vertical Comércio e serviço vicinal Comércio e serviço de bairro	Comércio e serviço geral Comércio e serviços específicos Indústria não poluitiva	os demais
zona residencial de alta densidade populacional de interesse social, e ocupada horizontalmente e verticalmente	Residencial unifamiliar Residencial unifamiliar horizontal e vertical Comércio e serviço vicinal Comércio e serviço de bairro	Comércio e serviço geral Comércio e serviços específicos Indústria não poluitiva	os demais
zona de comércio e serviços de vias principais e secundárias de bairro e região	Residencial unifamiliar Residencial multifamiliar horizontal e vertical Comércio e serviço vicinal	Comércio e serviço geral Comércio e serviços específicos	os demais
zona de indústria não poluitiva	Comércio e serviço vicinal Comércio e serviço de bairro Comércio e serviço de geral não nocivo ou perigoso Comércio e serviço específico Indústria não poluitiva	Residencial unifamiliar Residencial multifamiliar horizontal e vertical	Indústria potencialmente poluitiva

Fonte: http://www.presidenteprudente.sp.gov.br/site/central_mapas.xhtml

Dentro deste zoneamento urbano, a Prefeitura delimitou, conforme a legislação federal vigente em 2008 (Lei 4771/65), áreas de preservação e proteção ambiental. Estas áreas são compostas apenas pelo perímetro de trinta metros marginais em todos os córregos mapeados pela carta topográfica do IGC (1998). Todavia não aparecem os

fragmentos de mata, as novas formas do leito erodido e o próprio leito maior dos canais e não levaram em conta as nascentes difusas formadas pelos aquíferos suspensos.

Os topos à Oeste e ao Norte da bacia estão ocupados, principalmente, pela atividade urbana com habitação popular. Esta ocupação se dá, pela facilidade de implantação de projetos imobiliários, com custos mais vantajosos para as construtoras, em comparação as áreas de alto declive. Entretanto, nota-se na carta geomorfológica (mapa 2) que o arruamento segue a orientação das vertentes, causando danos estruturais (solapamento das margens, assoreamento dos talwegues, adição de lixo entre outros problemas) e biológicos.

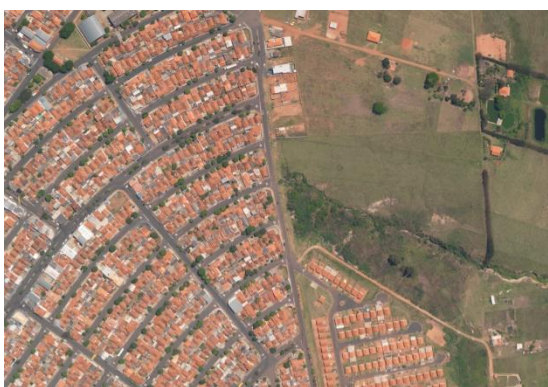


Foto 28. Vista aérea do limite entre o Conjunto Habitacional Ana Jacinta e a área rural com pequenas chácaras com solo coberto por pastagem. Foto Engemap (2008).

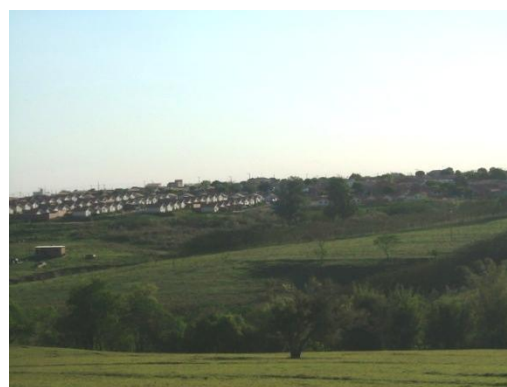


Foto 29. Vista parcial das vertentes convexas e retilíneas cobertas por pastagens e do Residencial Esmeralda com arruamento organizados de modo ortogonal. Foto do autor.

É possível perceber, depósitos tecnogênicos de composição variada provocada pela adição de material proveniente da área urbana como lixo doméstico, materiais de construção e demolição e da erosão marginal do canal. Estes materiais depositados, em sua maioria, no leito de vazante e no leito maior do canal receptor e em todo o seu curso.

O esgotamento sanitário é retirado da área da bacia via estação elevatória de esgoto da SABESP. Contudo, problemas de funcionamento acabam por despejar grande parte deste esgoto coletado dentro do canal fluvial, facilmente percebido pela coloração da água da (foto 30) com alto grau de matéria orgânica e na presença de espumas (foto 31) que evidencia a presença de esgoto doméstico. Desta forma, mesmo havendo a retirada deste contaminante da área da bacia, esta técnica não elimina o risco de adição periódica destes resíduos no canal.



Foto 30. Leito maior com margens solapadas e depósito de lixo, canal fluvial correndo ao lado com alta carga de material orgânico. Foto do autor.



Foto 31. Detalhe do canal principal da bacia, coberto por macrofitas e espuma de detergente, presente no esgoto doméstico. Foto do autor.

Segundo Matos (2011), a vegetação nativa da bacia do córrego do Botafogo se apresenta organizada em pequenas ilhas de vegetação que não se comunicam umas com as outras. Cada pequena ilha de vegetação possui estágio de conservação diferente: em alguns fragmentos é possível notar uma densidade e variedade de espécie significativa; incluindo árvores de ambiente clímax, e outras com menor densidade e variedade biológica; sendo mais facilmente encontradas espécies pioneiras.

Estes fragmentos de vegetação nativa estão dentro de pequenas propriedades rurais. Estas propriedades por estarem dentro do perímetro urbanos são utilizadas principalmente como chácaras. Nelas as vertentes têm como principal cobertura do seu solo a pastagem, com finalidades diversas, sendo a principal utilização como alimento para gado bovino leiteiro.

Todavia, outros tipos de gado também são criados nas pequenas propriedades que compõem a bacia, tais como caprinos e equinos, contudo, em menor quantidade. Os cultivos também se fazem presentes na bacia, entre eles culturas permanentes como eucalipto e temporárias como hortaliças, mandioca, cana de açúcar entre outras.



Foto 32. Criação de equino próximo ao canal sem vegetação ciliar. Foto do autor



Foto 33. Depósito de construção ao lado de propriedade criadora de gado leiteiro. Foto do autor

Estas culturas agrícolas, em sua maioria, possuem características de roças de subsistência, porém em algumas propriedades é possível notar estruturas de produção comercial para feiras livres espalhadas pela cidade. Na foto 34 é perceptível a proximidade deste tipo de cultura às áreas com nascentes difusas sem proteção marginal. Apesar de não haver sinais de erosão, a falta de vegetação traz riscos iminentes de contaminação da água por defensivos agrícolas, quando usados, e pisoteio do gado.



Foto 34. Vista aérea do remanescente florestal situado a margem direita do córrego do Botafogo. Ao lado desta mata cultivo de hortaliças. Foto Engemap (2008).



Foto 35. Área de cultivo de hortaliças. Foto do autor

As nascentes difusas são muito utilizadas como açudes (foto 34) para a dessedentação animal, criação de peixes, irrigação e lazer. Os canais perenes e intermitentes compartilham das mesmas formas de utilização dos açudes, exceto a

piscicultura. Estas águas são utilizadas para a dessedentação animal mesmo estando contaminadas por esgoto doméstico.

Desta maneira, as seções para coleta de informações limnológicas absorvem diferentes formas de impacto causado por diferentes atividades humanas. A montante, nas áreas de cabeceiras, as seções B7 e B8 apresentam respostas relacionadas à dinâmica ocasionada pela cobertura do solo por gramíneas e pela exposição do solo sem cobertura. Todavia, os resultados não serão semelhantes, por conta das diferentes formas de organização dos elementos, principalmente a exposição diferenciada de cada seção a radiação solar (falta de vegetação arbórea nas margens do canal) e a distribuição dos tipos de vegetação (rasteira, arbórea etc.) à montante.

A seção B8 recebe os processos ocorridos em um ambiente à montante desprovido de vegetação ciliar, com solo coberto por gramíneas e pequenas propriedades com baixa densidade de cabeça de gado. Contudo, na área de coleta, a seção apresenta-se coberta, na margem direita um fragmento de mata o qual, possivelmente não sofreu cortes rasos; e à margem esquerda formada por pasto. Nestas condições, como é possível observar nos gráficos 2 e 3, a composição do material de fundo é completamente diferente de um mês para o outro.

Já a seção B7, está localizada em uma porção do canal que recebe todo o fluxo de matéria e energia de todos os processos ocorridos em um relevo muito propício a concentrar o fluxo fluvial e a movimentação do material pedológico. A maioria dos seus canais a montante apresentam vegetação ciliar que diminuem o efeito do processo erosivo no canal, contudo, mesmo estando muito próxima uma mata da outra este fragmento não se conecta com as existentes na margem direita da seção B8. É neste intervalo entre uma mata e outra que se localiza a seção B7, desta forma recebe os resultados dos processos combinados da geomorfologia com a cobertura da terra de toda esta estrutura.

O entorno da seção B6 é ocupada por pasto. No entanto, o canal recebe todo o resultado das dinâmicas que aconteceram a montante, isto se dá pela orientação das vertentes e pela drenagem urbana que direcionam o fluxo para os canais fluviais. Assim, este ponto exutório recebe todo o aporte de sedimento oriundo das erosões, material orgânico e resíduos urbanos, haja vista que; uma parte da drenagem urbana é direcionada ao canal a montante da seção, além, é claro, de receber interferência da rodovia Júlio Budiski com a adição de resíduos sólidos e líquidos provenientes dos veículos automotores.

A seção B4 recebe, de modo direto, as interferências oriundas da drenagem urbana. Os principais usos existentes nesta parte da bacia são; loteamentos de alta densidade populacional com residências construídas a partir de programas governamentais para habitação, praças e parques, comércios e serviços, indústrias não poluitivas, além de pequenas chácaras. Esta forma de ocupação fornece ao canal quantidade significativa de resíduos sólidos e líquidos transportados pela drenagem urbana ou por falhas no sistema de coleta de esgoto e de lixo domésticos.

No solo não coberto por equipamentos urbanos a cobertura vegetal, em sua maioria, é rasteira (gramíneas), muito degradada pelo pisoteio do gado. Próximo à nascente, o canal apresenta um pequeno fragmento de baixa densidade vegetal e com menos de trinta metros de largura em cada margem.

Esta forma de ocupação ocorre de forma semelhante na região à montante da seção B2, porém, suas margens não possuem nenhum remanescente da vegetação nativa, seu solo é inteiramente coberto por pasto. A área urbana drenada não possui áreas verdes de parques e praças e nem indústrias não poluitivas, porém, sua densidade de comércio é bem superior ao de outras áreas da bacia. Nesta área ocorrem periodicamente feiras livres.

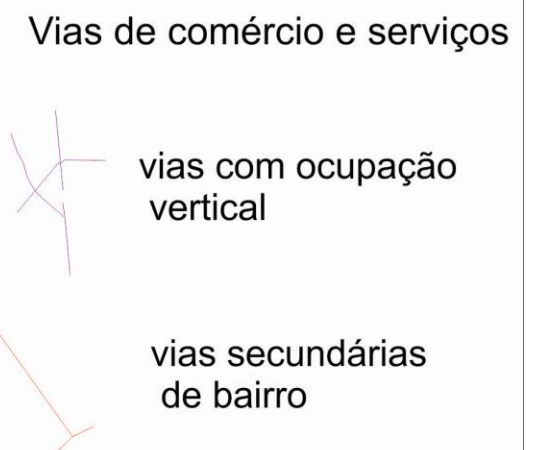
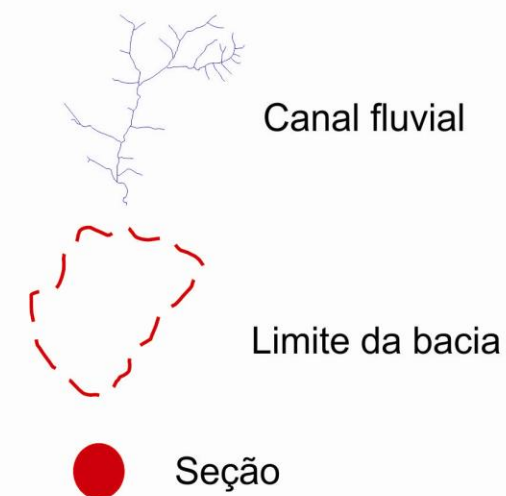
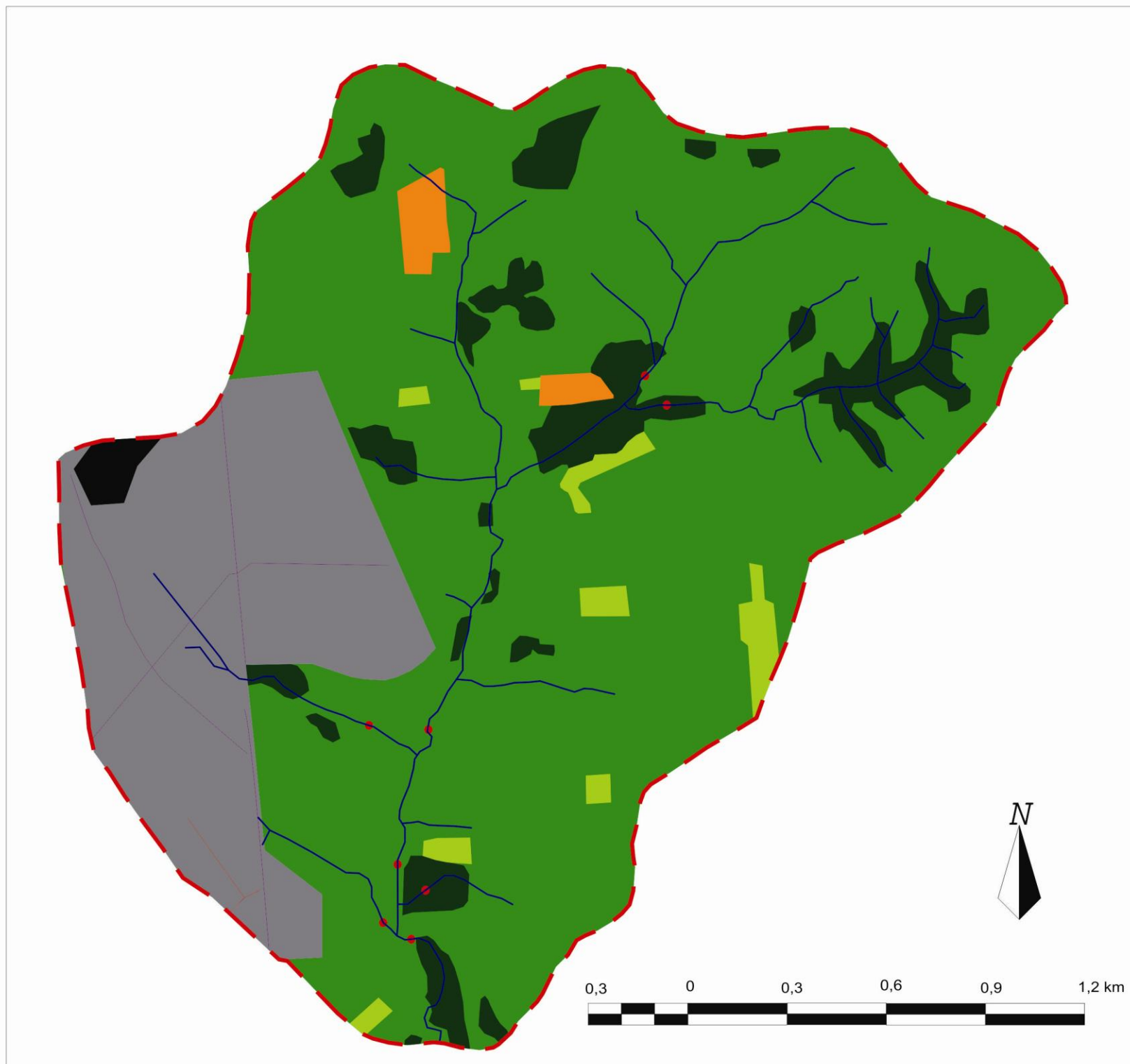
Desta maneira, apesar de possuírem, teoricamente, a mesma forma de ocupação, possuirão respostas semelhantes quando relacionada com a dinâmica geomorfológica. Contudo, outras substâncias adicionadas à seção B4 não farão parte nesta seção, tal como a introdução de esgoto *in natura* despejado por falhas operacionais da estação elevatória de esgoto.

As seções B1 e B3 recebem o fluxo e o resultado da dinâmica de praticamente toda a bacia. O último absorve a somatória das águas oriundas das seções B4 e B6 e das vertentes do entorno ocupadas com pastagens e por culturas de hortaliças. O local onde se encontra a seção B1 é o ponto em que a água de todos os afluentes e do canal principal se unem, não havendo após esse ponto nenhum canal perene, isto faz com que essa área some todos os processos da bacia.

O ponto B5 foi escolhido por apresentar um entorno muito diferente dos demais, apesar de ter sua nascente represada com a construção de dois açudes, a jusante o canal tem suas margens com vegetação nativa. Bem estratificada sua estrutura foliar protege o solo dos possíveis danos causados pelo impacto da chuva e fornece material orgânico que irá amortecer esse impacto e, juntamente com as raízes, servem como mata-borrão.

Bacia do córrego do Botafogo

Carta de uso da terra

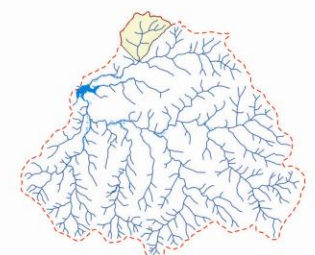


Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

Mapa 4

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Piroli

Localização



5.2 – Caracterização da bacia do afluente do córrego do Embiri.

5.2.1 – Dinâmica geomorfológica

Na área de cabeceira, os topos estão estruturados em uma formação denominada por Sudo (1980) como cimeira regional, morfologia gerada a partir dos processos erosivos da base do planalto de Echaporã. Sua estrutura apresenta a sudeste limite estabelecido pela colina residual desse planalto, com direção Norte - Sul e Nordeste - Sudeste tornando-se o divisor de águas das nascentes da margem esquerda do córrego do Embiri, Palmitalzinho e rio Santo Anastácio.

As bacias principais, da margem esquerda do córrego do Embiri, são delimitadas a partir de colinas planas e pouco alongadas. Assim, a bacia em estudo se encontra dentro deste universo de topo suave e plano, cortado pela rodovia Raposo Tavares (SP 270). A partir desta formação os interflúvios principais da bacia, as margens direita e esquerda direcionam-se de sudeste para noroeste com altitude decaindo paulatinamente de 500 até 445 metros, intercalando áreas de colo e topos alongados. Bem dissecados, com declividade suave a plana (0 – 5%) e colos de inclinação média, podendo chegar a alta.

As vertentes viradas para nordeste, norte e noroeste, onde se localiza a bacia do rio Santo Anastácio são mais erodidas. Sua dissecação irregular forma estruturas testemunhas que são facilmente observadas nas formas convexas dos topos, unidade (1) do modelo de vertente, separados por colos, unidade dois e três (figura 16 e quadro 2).

Os topos convexos por possuírem inclinações suaves entre 0 e 5%, permitem a percolação da água e processos pedogenéticos. Já os colos, por sua vez, são estruturas que concentram o fluxo de água, oriundas dos topos, na parte mais baixa e, a partir dela, é redistribuída, facilitando a receptação e a eluviação mecânica e química fazendo assim a função de divisor de águas.

Conforme a análise de estereoscopia constatou-se que: próximo a confluência com o córrego do Embiri observa-se estruturas mais alongadas do que as existentes a montante, esta estrutura é resistente a erosão, Dibieso (2011) as classificou como Espigões. Todavia com tamanho muito inferior a estrutura divisora das bacias do ribeirão Mandaguari, Laranja Doce e Santo Anastácio (SUDO, 1980). Ela é observada na carta topográfica (IGC, 1998) à margem esquerda do córrego do Embiri até a confluência com o rio Santo Anastácio.

As declividades predominantes na bacia estão entre 12 e 20% (alta), com intervalos frequentes de desnível com inclinações muito alta (20 a 30%) podendo ultrapassar, em alguns locais, os 30%. As inclinações superiores a 20% são mais facilmente encontradas no quadrante de coordenadas (462602,8; 7543359,0) e (463174,4; 7544179,0) Fuso 22, Sul (mapa 5), nota-se a existência de inclinação alta a muito alta próxima ao canal fluvial. Nesta região da bacia são encontradas inúmeras estruturas concentradoras de água, as quais contribuem para acelerar os processos erosivos provocados pelo escoamento superficial.

Na margem direita o interflúvio mergulha de nordeste para sudoeste, produzindo vertentes curtas entre os divisores de águas e o talvegue. De modo geral essas pequenas vertentes são retilíneas e direcionam o fluxo para uma vertente mais alongada de formato côncava. Quando vista como um todo esse conjunto de vertentes retilíneas e côncavas formam uma superfície coletora de água e de lavagem, conforme o modelo de Thoe e o perfil de I de Bloom segundo Casseti (2005).

Nesta região da bacia estão presentes áreas de ruptura de relevo ou de escarpas. No modelo de vertente de Dalrymple, Blong e Conacher esta estrutura com inclinações superiores a 45° favorece os desmoronamentos, deslizamentos e o intemperismo físico (figura 16, quadro 2).

Porém, quando observado com maior detalhe, nota-se que a margem direita apresenta grande quantidade de vertentes retilíneo-côncava, sendo mais curtas as formas retilíneas que surgem a partir dos interflúvios. Estas apresentam sequenciadas em um espaço muito curto permitindo, desta maneira, a concentração da água em pontos específicos de cada estrutura coletora. Com isso, a formação de ravinas resultado do desgaste geológico e pedológico é inevitável, o uso inadequado de técnicas agrícolas potencializa estes processos naturais.

A margem esquerda apresenta interflúvios com mergulhos de sudeste para noroeste, formam assim pequenas vertentes côncavas, retilíneas e convexas. As combinações destas formas de vertentes funcionam como distribuidoras de água, diferentemente das encontradas na margem direita do canal, sendo observada uma diversidade de formas, enquadradas no perfil de III e IV de Bloom segundo Casseti (2005).

Mesmo distribuindo a água para vários pontos da vertente, este fluxo é direcionado as vertentes mais longas e côncavas, concentrando, desta maneira, a água

em um ponto único. Como esta área apresenta alta declividade o poder erosivo da água é potencializado contribuindo com os processos denudacionais e o aparecimento de grandes ravinas.

Os materiais de granulometria mais alta, transportados dessas áreas, são encontrados depositados mais adiante em bancos de areia onde corre o fluxo fluvial intermitente. Os sedimentos nele depositado formam uma superfície côncava de inclinação suave que não ultrapassa os 5% de declividade, semelhante ao declive aluvial unidade 7 do modelo de vertente (figura 16, quadro 2). O intervalo entre o divisor deste grande banco de areia é formado por estruturas distribuidoras de água com formato côncavo.

Nesta área de cabeceira não são encontrados canais perenes, mas estruturas de escoamento formadas pelas precipitações. Dentro deste ambiente, a nascente perene dessa bacia somente é encontrada próxima à coordenada 462146.08; 7544219.47 UTM, Fuso 22, Sul a 428 metros de altitude em seu médio curso.



Foto 36. Vista aérea da cabeceira, região ocupada por granjas e pasto com muitas ravinas. Foto: Engemap (2008).



Foto 37. Vertente retilínea-côncava na área de cabeceira da bacia. Foto do autor.

A partir dos interflúvios do médio e baixo curso, as vertentes apresentam uma diversidade de forma e organização, todavia, predominam vertentes curtas, retilíneas e direcionadas para o fundo de vale ou para outra vertente maior de formato côncavo. Contudo, na margem direita do canal principal, o conjunto de vertentes que dão origem aos primeiros canais perenes possui uma diversidade de formas: estruturas convexas próximas aos topos, retilíneas a partir dos interflúvios secundários e côncavos a partir do colo em direção ao canal principal (fotos 36, 37 e 38).



Foto 38. Visão panorâmica do interflúvio da margem esquerda do médio curso do canal, região onde surge o primeiro canal perene da bacia. Foto do autor.



Foto 39. Vertentes retilíneas e côncavas com grande número de erosões na margem esquerda do canal. Acima da fotografia observa o colo interfluvial divisor da bacia. Foto do autor.

Na margem esquerda é possível identificar estruturas erosivas mais difusas, ocorrendo movimentação coletiva de solo, muito semelhante ao fenômeno geomorfológico conhecido como rastejo ou *creep* (foto 39), formando vertentes retilínea-côncavas com morfologia semelhante à estruturada na unidade de vertente 5 da figura 16 e quadro 2.

Nas vertentes a direita do canal principal de escoamento, assim como acontece no alto curso, as distâncias entre os interflúvios são relativamente curtas propiciando, desta maneira, surgimento de estruturas concentradoras de água. Estas, por sua vez, apresentam formas retilínea ou retilínea-côncava com pouco processo erosivo, mas, com inclinações variadas entre 5 e 30%, predominando declividades acentuadas entre 12 e 20% podendo ocorrer estruturas de 20 a 30% em qualquer parte da vertente, principalmente próximo aos canais fluviais onde encontram-se declives superiores a 30% (fotos 40 e 41).



Foto 40. Margem solapadas com inclinação superior a 100%, ocasionada pela corrosão, deslizamento e desmoronamento. Foto do autor.



Foto 41. Detalhe do solo erodido por solapamento, transição de solo autóctone e sedimentos alóctone, transportado das vertentes. Foto do autor.

Este material, colocado em movimento pela energia cinética da água, é transportado para áreas à jusante onde a água diminui sua força graças a suavização do terreno e, principalmente, do leito fluvial. Este ambiente de águas mais calmas propicia a formação de bancos de areia inundáveis nos momentos de fortes precipitações. Estes bancos de areia recebem também grande aporte de sedimento das vertentes erodidas pela movimentação do gado que atravessa constantemente o canal. Nesta mesma região da bacia são encontradas nascentes difusas na média e baixa vertente, áreas intensamente degradadas pela ação da pecuária.

5.2.2 – Morfologia fluvial do afluente do córrego do Embiri.

A morfologia do canal de escoamento fluvial da bacia possui desnível de 70 metros em pouco mais de dois quilômetros e meio (2,54km), porém, esta bacia torna-se singular pela quantidade de canais intermitentes e a localização altimétrica da sua nascente perene. Esta surge na superfície a pouco mais de 420 metros de altitude, portanto, encontrada 50 metros abaixo da maior cota de nascente registrada na carta topográfica (IGC, 1998).

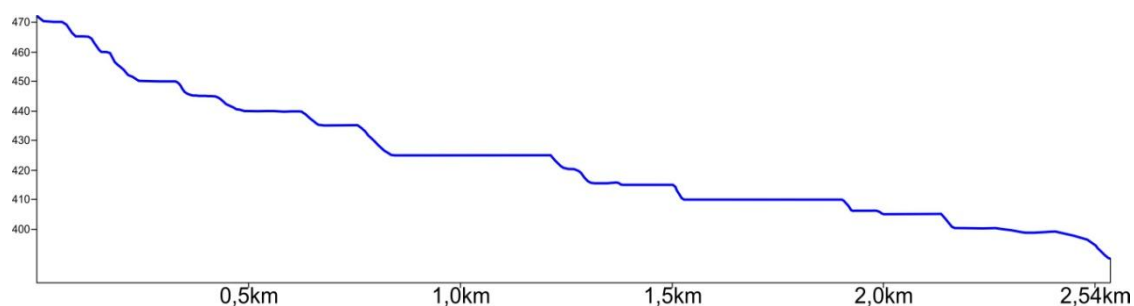
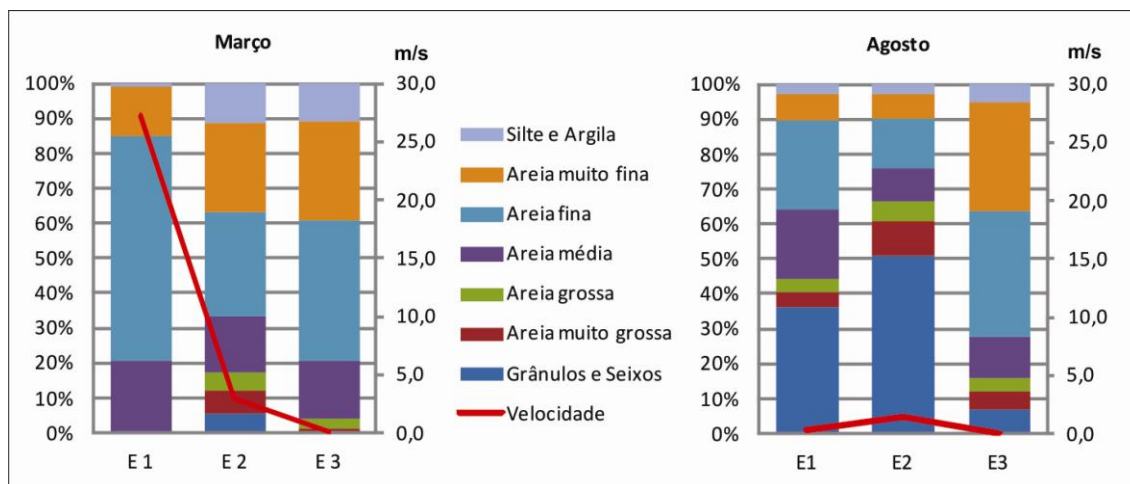


Figura 26. Perfil longitudinal do afluente do córrego do Embiri. Fonte: modelagem a partir da carta topográfica com equidistância das curvas de 5 metros (elaborado pelo autor).

Desta maneira, as partes do canal com maior declividade não possuem água durante o ano. Contudo, por conta do clima regional, estas áreas recebem quantidades significativas de água no verão (período chuvoso) e no inverno (períodos de seca e chuvas torrenciais), porém estas águas não permanecem no sistema, após alguns dias, por conta do escoamento superficial.

A interação do relevo com estes períodos de precipitações elevadas tem como resultado o desgaste remontante da superfície, gerando material particulado com tendência a se depositar no fundo ou no leito maior do canal.

Nessas condições o material em suspensão, dependendo da capacidade de transporte da água, decanta. Desta maneira, o canal apresentou diferentes comportamentos com relação ao sedimento de fundo.



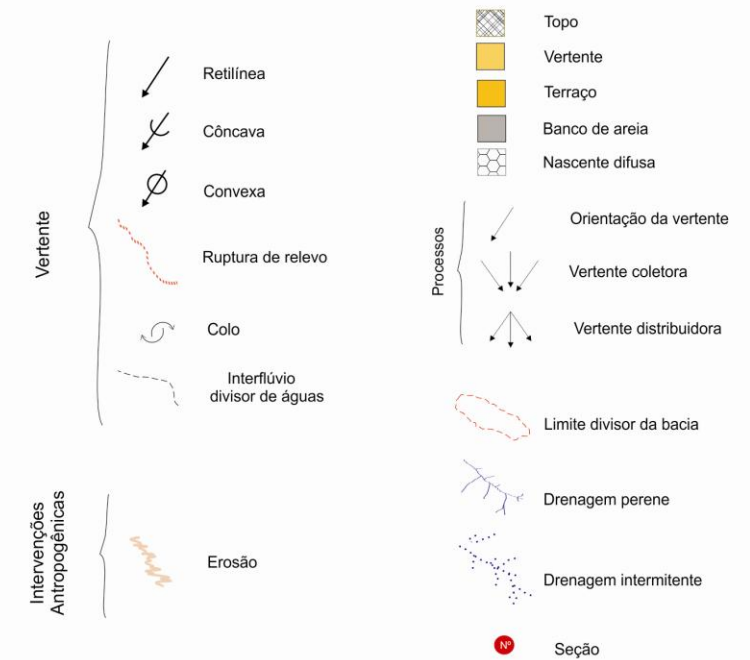
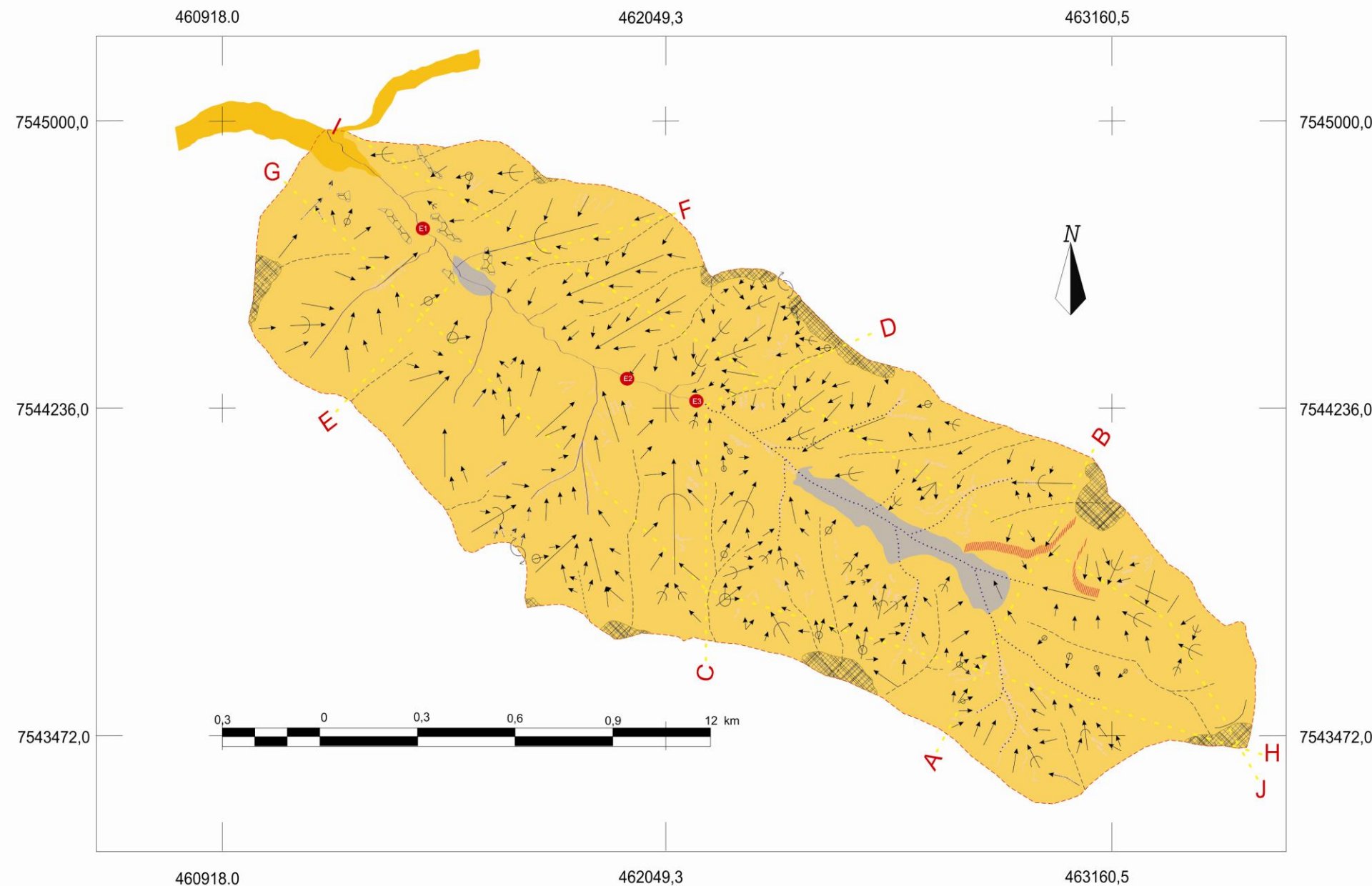
Gráficos 4 e 5. Granulometria sedimentar do material do fundo do leito encontradas nas seções do afluente do córrego do Embiri nos meses de março e agosto.

É perceptível que nos meses de março o canal apresentou uma granulometria diferente do mês de agosto. As seções localizadas na bacia eram compostas, no mês de março, basicamente por sedimentos finos, apesar da sua composição variada, como é possível notar nos gráficos (4 e 5) seções E3 e, principalmente E2. Apenas a seção E1 não apresenta sedimentação grosseira (areia grossa, areia muito grossa, grânulos e seixos), predominando em sua composição areias finas.

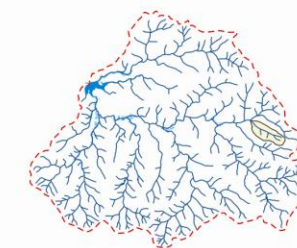
Em agosto, mês com poucas chuvas e concentradas em poucos dias, o ambiente fluvial modifica drasticamente. Além da pouca água presente no canal, a granulometria se modificou de forma drástica. Sua composição neste mês apresentou um aumento significativo na quantidade de sedimentos grosseiros (areia muito grossa, grânulos e seixos).

Cabe salientar também que a área próxima a nascente, apesar de ter aumentado a quantidade de material grosseiro, manteve sua composição granulométrica com predomínio de sedimentos finos, principalmente areias muito finas e finas. Nas proximidades da seção, a jusante, o leito é escavado em solo argiloso provocando o seu estreitamento e aceleração do fluxo.

Sub-bacia do córrego do Embiri Carta geomorfológica



Localização

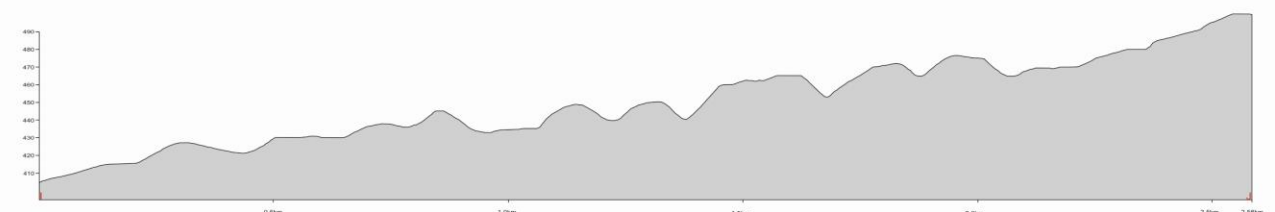
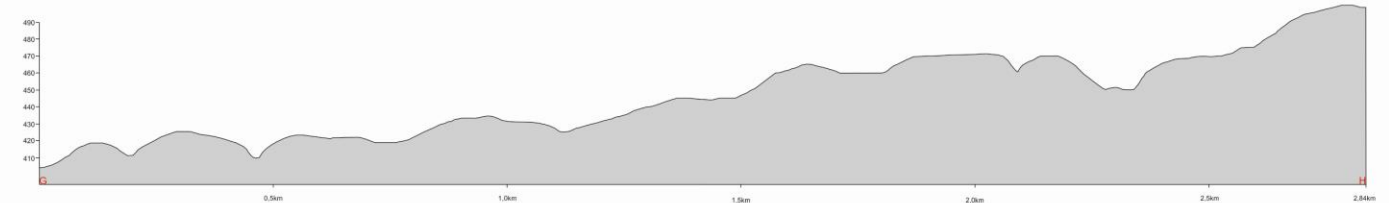
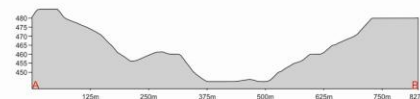
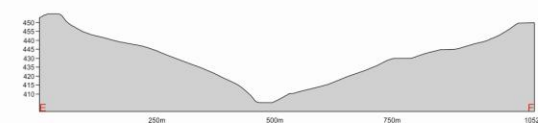
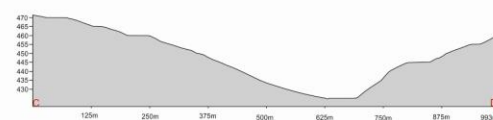


Apoio:
GADIS
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

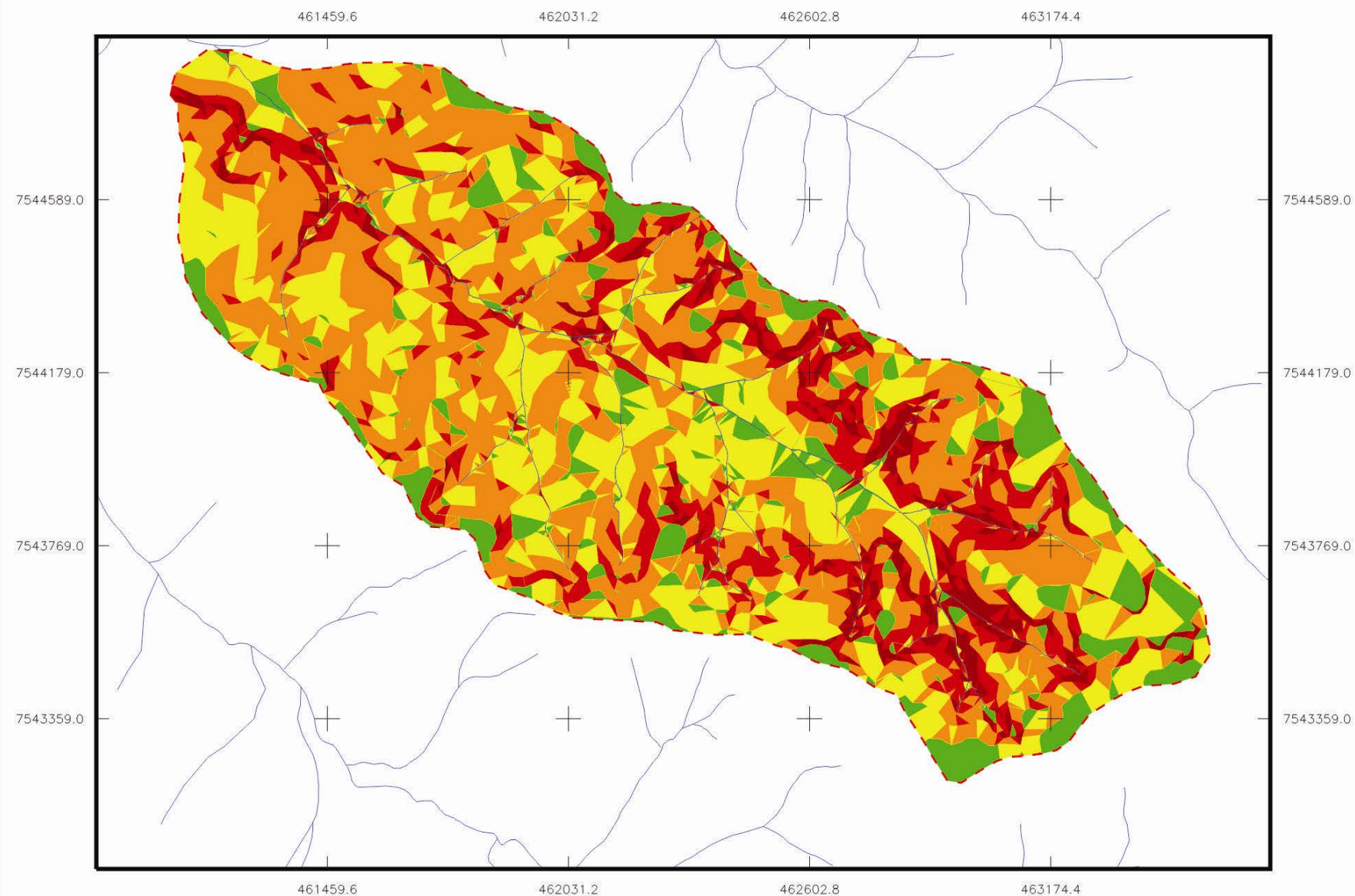
Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luis Pirelli

Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

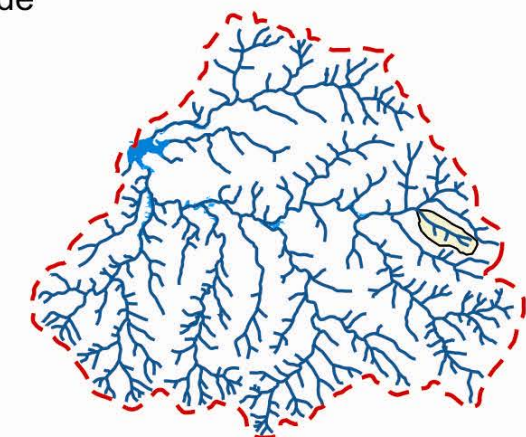
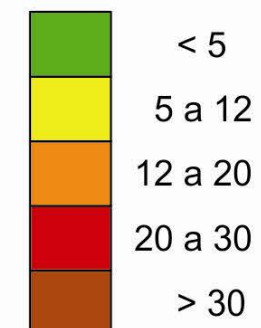
Mapa 7



Sub-bacia do córrego do Embiri Mapa de declividade



Classes de declividade
em %



Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

Mapa 6

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Pirolí

5.2.3 – Uso e cobertura da terra na bacia do afluente do córrego do Embiri.

A bacia, de modo geral, possui estrutura fundiária formada por pequenas propriedades com uso diversificado da terra, porém a maior parte da cobertura vegetal encontrada é de vegetação rasteira de uso exclusivo para a alimentação de bovinos produtores de leite e carne. Desta maneira o uso predominante das terras da bacia é para pasto, sendo encontradas gramíneas desde o interflúvio divisor até o talvegue. Em muitos pontos, esta vegetação se encontra dentro do canal se comportando como macrófita aquática e, desta maneira, produzindo nova dinâmica morfológica e ecológica dentro do canal.



Foto 42. Gramínea cobrindo o solo para a alimentação do gado. Foto do autor.



Foto 43. Macrófitas aquáticas encobrendo o canal fluvial. Foto do autor.

A criação de bovinos ocupa a maior extensão das terras, por ser uma atividade agrícola em que a criação exige grandes espaços, sua mobilidade traz grandes modificações nas estruturas naturais, potencializando a erosão, o assoreamento, a destruição da vegetação ciliar entre outros problemas.

As divisões das propriedades obedecem aos acidentes geográficos da bacia, isto é, a maior parte é limitada pelo interflúvio divisor de águas; parte da frente da propriedade onde passa uma pequena estrada vicinal, e o talvegue do canal fluvial. Segundo os moradores, em conversa informal, isto se torna um problema para a preservação das áreas ciliares e para a obediência da lei (Lei Federal 12.651/12), tendo em vista que os proprietários da vertente esquerda, dentro do possível, cercaram estas áreas para evitar que o gado invada e destrua as mudas replantadas, já a vertente direita, faz o oposto, liberando os animais para pastarem nestas áreas.

Estas áreas sem proteção da vegetação nativa, que faria sombra evitando o surgimento dessa vegetação rasteira introduzida para alimentação do gado e a presença

de água durante o ano todo faz com que a grama ali encontrada fique em condições nutricionais ótimas em todas as estações do ano. Em período de estiagem a grama localizada nas partes mais altas das vertentes seca enquanto que a próxima do rio continua com boa condição de alimentação. Desta maneira, é “inevitável”, quando não cercado, que os animais irão procurar este alimento dentro da área que deveria ser protegida.

A flora nativa, Floresta Estacional Semidecidual, assim como em toda a bacia do rio Santo Anastácio, se encontra fragmentada, apesar de apresentar uma estrutura contínua, na bacia, esta vegetação não se comunica com outros fragmentos do alto curso. Mesmo estando, muito próximo do maior fragmento de vegetação nativa do alto curso a fauna de maior porte, principalmente os mamíferos, encontram dificuldades para atingir o remanescente encontrado na bacia. Outra dificuldade presente na penetração de animais dentro desta mata é provocada pela grande quantidade de cercas farpadas que cruzam a mata e o rio definindo propriedades e impedindo que grandes animais utilizem esta vegetação como corredor ecológico.

Não havendo esta comunicação com outros fragmentos a vegetação existente na bacia terá uma menor variedade de espécies vegetais, desta forma a vegetação ciliar apresenta, na sua maioria, espécies pioneiras tais como: aroeiras, canafistula, embaúba, goiabeira, ingá, leiteiro entre outras identificadas em *in loco* (quadro 6).

Quatro 6. Espécies Arbóreas nativas, presentes na mata ciliar da bacia do afluente do córrego Embiri.

Características do Cordeiro Enem:										
<i>CE</i> – ocorre em região de cerrado; <i>FLO</i> – ocorre e regiões de Floresta; <i>RG</i> – resiste à geada; <i>SU</i> – tolera solos encharcados; <i>H</i> – desenvolve-se em plena luz; <i>U</i> – desenvolve-se na sombra; <i>R</i> – crescimento rápido; <i>L</i> – crescimento lento; <i>F</i> – produz alimento para fauna										
ESPÉCIE	NOME POPULAR	CE	FLO	RG	SU	H	U	R	L	F
<i>Lithraea molleoides</i>	Aroeira brava	X	X	X	X	X		X		
<i>Schinus terebinthifolius</i>	Aroeira pimenteira		X	X	X	X		X		X
<i>Peltophorum dubium</i>	Canafistula		X			X		X		
<i>Cecropia pachystachia</i>	Embaúba	X	X		X	X		X		X
<i>Inga ligustrina</i>	Ingá	X	X		X	X		X		X
<i>Inga marginata</i>	Ingá		X		X	X		X		X
<i>Inga striata</i>	Ingá		X		X	X		X		X
<i>Sapium glandulatum</i>	Leiteiro		X		X	X		X		

Fonte: trabalho de campo 23/3/2012.

Na imagem a seguir (foto 44) é possível observar, em primeiro plano a vegetação ciliar seca, característica das Florestas Estacionais Semidecíduais nos meses de estiagem (outono e inverno), não muito extensa. Na mesma imagem, a pastagem predomina. Porém, as culturas temporárias também estão presentes como a cana de açúcar, em outros pontos da bacia também são encontrados roçados de mandioca e hortaliças (foto 45). Por serem formadas por pequenas chácaras não é difícil encontrar outras criações de subsistência como de suínos e de pequenas aves.



Foto 44. Vista de uma pequena plantação de cana em meio ao pasto. No primeiro plano da fotografia vegetação ciliar. Foto do autor.



Foto 45. Plantação de cana de açúcar, mandioca, banana com algumas árvores frutíferas. Foto do autor.

O baixo curso da bacia apresenta a mesma forma de ocupação presente nas propriedades à montante, contudo, na área destinada à proteção da vegetação nativa (Lei 12651/12) não existe qualquer tipo de vegetação arbórea, o canal corre longo trecho, sem qualquer proteção ciliar até desaguar no córrego Embiri. Esta falta de cobertura vegetal nesta localidade torna a vegetação a montante uma ilha verde de difícil acesso para animais de grande porte como já supracitado.

A falta de vegetação ciliar nas margens e a inexistência de barreiras físicas para impedir que o gado chegue ao canal fluvial são os principais fatores de perturbação na composição morfológica e limnológica nesta região da bacia. Suas margens são afetadas pela presença constante de animais pesados atravessando o leito fluvial para atingir outras partes da bacia, em busca por sombra ou por gramas mais tenras, principalmente nos períodos mais secos do ano (outono e inverno).

A quebra da sinergia morfo-hidrológico do sistema ocorre também pela utilização de técnicas de disposição de água para os rebanhos. Nas nascentes desflorestadas são formados pequenos açudes para disponibilizar água para o gado. Porém, com a degradação destes ambientes esta água desaparece nos períodos de

estiagem. Sem a estrutura radicular da vegetação marginal o nível freático terá maior dificuldade para atingir a saturação na cota altimétrica que outrora tinha.

Obras recentes de manutenção e conservação das estradas rurais do alto curso do rio Santo Anastácio, criaram pequenas bacias de captação de água nas margens das estradas, medida que favorece a percolação da água no solo, evitando com que ela crie velocidade e atinja áreas mais baixas com grande potencial erosivo. Estas obras para o controle de erosão também ocorreram no interflúvio esquerdo da bacia, contribuindo para o melhor aproveitamento das águas pluviais. Estas bacias de captação, quando cheias, são utilizadas como bebedouro para o gado evitando a construção de açudes nas vertentes.

Na vertente direita, estas obras não foram realizadas por conta da pouca importância da estrada presente no neste interflúvio, haja vista que ela serve apenas como conexão entre pequenas propriedades rurais e não como ligação entre estradas. Desta maneira, o escoamento superficial acelera os processos erosivos, transportando grande quantidade de sedimento para o canal, esta dinâmica é acelerada pela presença da pecuária extensiva. O corte destas estradas potencializa os processos denudacionais dos interflúvios divisores.

Deste modo, obras de terraceamentos são de fundamental importância para que ocorra melhor aproveitamento das precipitações e conservação do solo, evitando o deslocamento de material edáfico para o canal. Estas obras também evitam que o gado procure água nos canais fluviais, haja vista que terá disponível dentro dos terraços e das bacias de captação quantidade suficiente de água na maior parte do ano.

Na fotografia aérea (foto 46) é possível observar no quadrante superior direito o corte da estrada direcionada para o canal. Esta disposição canaliza a água deste interflúvio para áreas mais a jusante, conduzindo o material pedológico para o canal.



Foto 46. Fotografia aérea do baixo curso (Engemap, 2008).



Foto 47. Erosão marginal no baixo curso do canal. Foto do autor.

Na fotografia 47 podemos observar a presença de processos erosivos causado pela movimentação do gado de uma margem para a outra, nota-se que a cerca presente na foto não serve para proteção da canal ou da vegetação ciliar, mas sim, para a demarcação de propriedade.

Em menor quantidade na bacia, mas, não menos importante, a área de cabeceira é ocupada por granjas de produção de ovos (foto 36). Esta atividade não gera perturbações morfológicas e limnológicas significativas, porém cabe resaltar que estão em galpões que para serem construídos tiveram que terraplanar o terreno. No interflúvio divisor é encontrada uma pequena plantação perene de produtos florestais (eucalipto), porém, como em toda a bacia, a maior parte dos terrenos são cobertos por gramíneas.

As seções localizadas nessa bacia apresentam comportamentos distintos ao encontrado nas seções do córrego do Botafogo. Por não haver uma ocupação urbana na área, as erosões e, conseqüentemente, o aporte e/ou transporte de sedimentos são ocasionados pela escolha da cultura agrícola e as técnicas a ela aplicada.

Como já supracitado a nascente perene dessa bacia ocorre em seu médio curso, desta forma, a Seção E3, localiza-se nesta porção. Esta área tem como principal cobertura a vegetação nativa com espécies arbóreas e rasteiras, por conta da umidade local. O barranco apresenta grande variedade de vegetais da classe das pteridófitas, entretanto, esta porção da mata ciliar oferece condições para que a luz penetre com facilidade favorecendo o surgimento de plantas forrageiras invasoras que são utilizadas à montante como pastagem para o gado (fotos 48 e 49).



Foto 48. Seção E3 com vegetação ciliar invadida por gramíneas. Foto do autor.



Foto 49. Detalhe do canal fluvial da seção E3. Foto do autor.

Esta seção recebe todo o material oriundo das cabeceiras de drenagem. Nela estão os canais intermitentes que drenam as vertentes erodidas ocupadas por pastos, cultivos florestais e por granjas produtoras de ovos. Como já salientado, o desgaste destas vertentes gera um grande banco de areia de formato côncavo, coberto por gramíneas e visitado constantemente pelo gado.

A seção E2 apresenta mata ciliar estreita com aberturas para a penetração do gado. Esta área da bacia, apesar da inclinação das margens solapadas, apresenta estruturas que demonstram a visita constante desses animais (fotos 50 e 51). Esta seção recebe águas e sedimentos da nascente e das regiões a montante ocupada por pastos, pequenas plantações de cana, roçado e criação animais diversos. Suas vertentes, tanto na margem direita quanto da margem esquerda, são fortemente erodidas contribuindo para o aporte de sedimentos no leito do canal.



Foto 50. Seção E2, ponto de coleta de material limnológico. Foto do autor.



Foto 51. Vestígio da penetração do gado na área da seção E2. Foto do autor.

Por fim, a seção E1 a jusante dos demais pontos recebe as águas provenientes das seções à montante e dos afluentes que a ela chegam, além de receber o fluxo da drenagem das suas margens erodidas e ocupadas com pastagens, culturas florestais e

solos expostos. Suas margens não possuem matas ciliares, sendo ocupadas por gramíneas (mapa 7) até mesmo dentro do canal (fotos 52 e 53).



Foto 52. Seção E1 com margem erodida causada pela penetração do gado no canal. Foto do autor.



Foto 53. Fundo de vale sem mata ciliar e coberto por vegetação rasteira. Foto do autor.

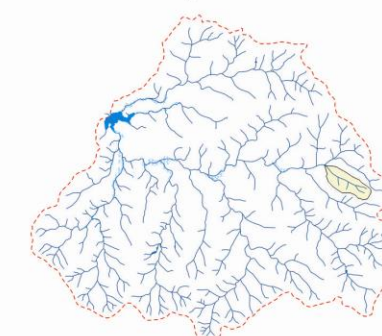
Sub-bacia do córrego do Embiri Carta de uso da terra



- Pasto
- Cana de açúcar
- Vegetação nativa
- Granja
- Culturas florestais
- Hortaliças

- Canal fluvial
- Limite da bacia
- Seção

Localização



Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

Mapa 7

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Piroli

Apoio:

GAD S
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

5.3 – Caracterização da bacia do afluente do córrego do Lajeado.

5.3.1 – Dinâmica geomorfológica

De modo geral os interflúvios divisores da bacia apresentam inclinações suaves a planas, formados por topos com inclinações entre 0 e 5 %, e colos planos, com declividades entre 5 a 12 % (mapa 9). Já os interflúvios internos ou secundários são de diferentes formas. No alto curso apresentam estruturas alongadas com mergulhos de SE para NO e em seguida de Sul para Norte, o interflúvio da margem esquerda mergulha de SO para NE, ramificando-se em duas direções principais: a mais curta de Oeste para Leste e a estrutura mais longa direcionada de Sul para Norte. A margem direita é constituída por apenas um interflúvio curto que inicialmente direciona-se de Leste para Oeste e depois se divide em dois, o primeiro é direcionado de NE para SO e o segundo de SE para NO (mapa 8).

A partir desses divisores são observadas vertentes de diversas formas, prolongamentos e inclinação. Entre os dois interflúvios do alto curso, as vertentes possuem estruturas dispersivas de água em sua maioria vertentes curtas e côncavas, ocorrendo em alguns momentos formações côncavo-retilíneas. Mas, é a partir do colo que surge uma estrutura convergente de formato côncavo que direcionam o fluxo para a primeira nascente da bacia.

Esta área da cabeceira apresenta grande quantidade de lençóis subterrâneos suspensos formando nascentes que se apresentam de forma difusa com vários pontos de surgimento de água. Esta umidade permanece nesta região da bacia durante o ano todo por conta das obras de terraceamento feitas para o plantio da cana de açúcar.

As vertentes desta área apresentam inclinações variadas de 0 a 30%, tendo o predomínio de inclinações entre 5 e 12 % (média), não sendo difícil encontrar declividades altas (de 12 a 20%) apresentando algumas rupturas isoladas de 20 a 30% de inclinação. Estas inclinações mais acentuadas encontram-se próximo aos canais fluviais, com barrancos extremamente inclinados (mapa 9). Nesta última, por conta da sua alta declividade, está sujeita a desmoronamentos (Quadro 2), contudo, o sistema radicular da vegetação nativa desacelera esse processo.

O alto curso apresenta uma diversidade de formas e orientação de suas vertentes. Em uma rampa é possível encontrar alternância entre formas convexas, retilíneas e côncavas. As formas convexas, geralmente, são encontradas próximas dos interflúvios

divisores, os quais possuem um formato convexo de inclinação suave que, segundo Dalrymple, Blong e Conacher (1968 *apud* Christofolletti, 1980), esta morfologia favorece a pedogênese e a percolação da água. Cabe salientar que estas estruturas não são regra para todo o alto curso, mas são facilmente notadas por sua singularidade de dispersar o fluxo de água (mapa 8).

Estruturas que propiciam a convergência das águas para pequenos afloramentos fluviais se encontram também na cabeceira de drenagem. A nordeste da nascente principal, as vertentes são mais curtas de formatos retilíneos e côncavos que convergem a drenagem para uma rampa mais alongada de formato côncavo que por sua vez direciona o fluxo para outra também côncava. Já a estrutura a sudoeste da nascente principal encontra-se organizada da seguinte maneira: o interflúvio interno e o divisor da bacia apresentam vertentes retilíneas que convergem o fluxo para uma vertente côncava a qual surge a partir do colo.

As estruturas acima descritas possuem uma organização que favorece a concentração e a lavagem que por conta da velocidade do fluxo aumenta a possibilidade de erosões, isto ocorre na estrutura à sudoeste da nascente principal. Esta convergência do fluxo, juntamente com a baixa profundidade do lençol freático (nascentes difusas), faz surgir os primeiros olhos d'água. Todavia, por apresentar fragilidade às intempéries são encontradas grande quantidade de erosões do tipo voçoroca.

A variação na forma de cada vertente ocorre de modo que: a margem direita apresenta no médio curso vertentes convexa-retilínea, convexa-côncava e retilínea-côncava, sendo que a última apresenta uma convexidade curta e próxima ao canal. Estas se organizam de modo a canalizar a água em duas estruturas côncavas que convergem seu fluxo para um ponto em comum. Criando estruturas erosivas ao longo de toda a vertente e, principalmente, forma a margem, muito escavada e com inclinações acima dos 30%, de um pequeno afluente. Na margem esquerda é possível verificar um predomínio de vertentes retilíneas com orientação para o leito do canal onde terminam em uma ruptura marginal do leito fluvial.

Quando olhadas as formas da bacia como um todo, percebemos uma quantidade reduzida de interflúvios internos, quando comparados às outras bacias, sendo o divisor principal o responsável pela distribuição da água na bacia. Assim, a partir deste divisor as vertentes do médio e baixo curso conduzem o fluxo hidrológico diretamente para o canal principal. Nestas condições o material transportado, quando não houver barreiras, tende a ser depositado diretamente dentro do canal.

Apesar de possuir predomínio de vertentes retilíneas, estas possuem formas e organização distintas no espaço, como é possível verificar no mapa 8. Muitas vertentes assumem formas convexo-retilíneo-côncavo, côncavo-convexo, retilíneo-côncavo, com predominância das formas côncavas próximas a margem esquerda do canal.

A margem esquerda do baixo curso é formada por vertentes convexa-côncava com declividade entre 0 a 30%, sendo as maiores inclinações encontradas na média vertente. Esta estrutura juntamente com os terraços em nível mal conservados promovem erosões em alguns pequenos pontos, haja vista que, na baixa vertente as inclinações não superam os 12%.

No entanto, a porção esquerda do baixo curso apresenta vertentes curtas retilíneas-côncavas ou convexa com inclinações entre 0 e 12% na parte superior e inclinações entre 12 e 30%, podendo, em alguns pontos superar essa declividade. Esta característica gerou inúmeras erosões na área reservada para proteção ambiental e, deste modo, contribuindo o aporte de sedimento no leito do canal.

5.3.2 – Morfologia fluvial do afluente do córrego do Lajeado.

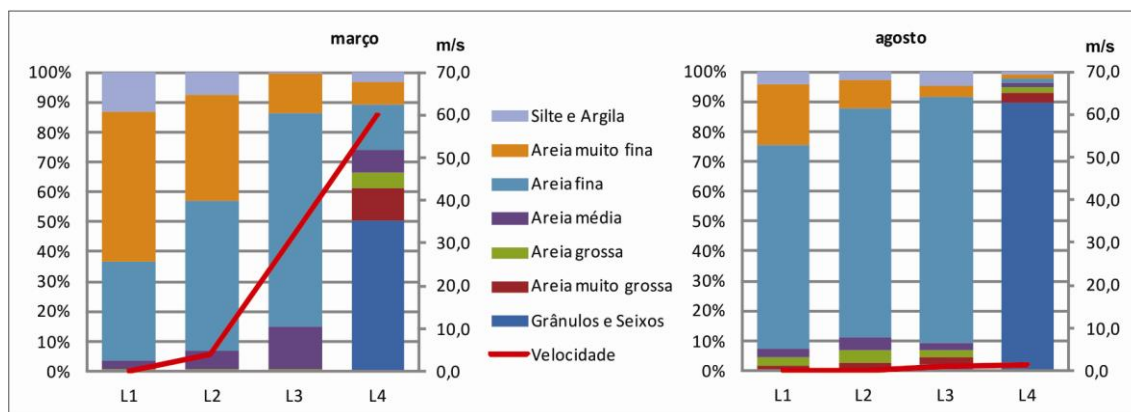
O canal é constituído por margens extremamente inclinadas em determinadas regiões da bacia, sendo o baixo e médio curso onde ocorre com maior proeminência. Esta estrutura encaixa o leito do córrego de modo a formar bancos de areia, oriundas das margens adjacentes e dos colapsos das suas próprias estruturas, no seu leito maior. Esta dinâmica de erosões fornece de modo constante material erodido ao canal.

Este material é facilmente depositado nessas áreas devido à baixa inclinação do leito fluvial, é possível notar no perfil longitudinal do canal que seu leito não possui desníveis acentuados em praticamente todo o seu percurso. De modo que nas áreas de cabeceira, onde a inclinação é mais acentuada, os primeiros 600 metros de percurso o canal apresenta um desnível de 35 metros de altitude, sendo que o restante do percurso 2,14 km ocorre um desnível de apenas 45 metros (figura 27).



Figura 27. Perfil longitudinal do afluente do córrego do Lajeado. Fonte: modelagem a partir da carta topográfica com equidistância das curvas de 5 metros (elaborado pelo autor).

Desta maneira, em eventos hidrológicos extremos, ocasionados por chuvas fortes e consequentemente aumento do gradiente hidráulico, as áreas de cabeceira irão erodir de modo acelerado, fornecendo maior quantidade de sedimentos ao canal com variedade granulométrica. Nas áreas de menor inclinação, no médio e baixo curso, ocorrerá no leito fluvial a deposição dos sedimentos de modo seletivo, sendo encontrados da montante para jusante materiais assoreados de areia fina, muito fina, silte e argila, decrescendo paulatinamente o percentual de areia fina e o aumento gradual de sedimentos muito fino, principalmente areia muito fina.



Gráficos 6 e 7. Granulometria sedimentar do material do fundo do leito encontradas nas seções do afluente do córrego do Lajeado no mês de março e agosto.

A granulometria de março para agosto variou percentualmente, apesar de manter uma composição sedimentar predominantemente de areias fina e muito fina. No mês de março as amostras das seções L1, L2, L3 mostravam-se melhor selecionadas do que as encontradas no mês de agosto, que apresentou uma variedade granulométrica maior (gráficos 6 e 7). Esta variação acompanhou a variação da velocidade aferida nas seções, contudo, na coleta feita no período de estiagem, em águas de baixa energia cinética, as seções com inclinações mais suaves L1, L2, L3 mostraram em seu leito sedimentos com maiores dimensões.

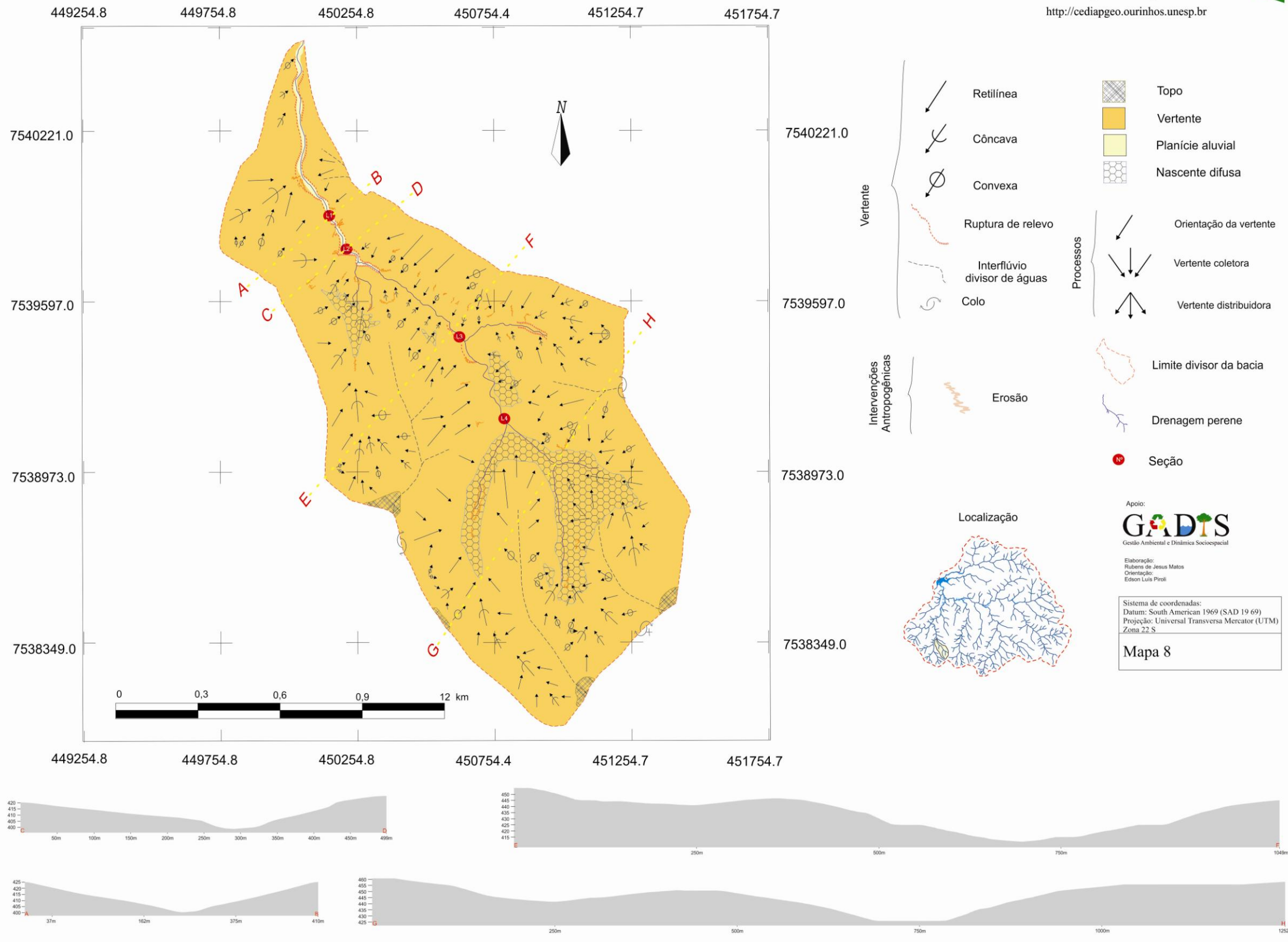
Esta composição sedimentar está ligada à energia diferenciada do fluxo fluvial nos períodos de coleta. No mês de agosto houve uma redução no poder de transporte, aumentando os grânulos e seixos no percentual da amostra da seção L4. Esta diminuição da velocidade da água também se faz notar na seleção granulométrica dos sedimentos das seções à jusante (gráfico 6 e 7).

As condições climáticas também têm papel importante composição dos sedimentos do leito fluvial. Chuvas torrenciais após grande período de estiagem no inverno facilita o escoamento superficial contribuindo a erosão da vertente e o aporte de sedimentos no leito fluvial. Estes eventos contribuem na formação de sedimentos pouco selecionados dentro do canal.

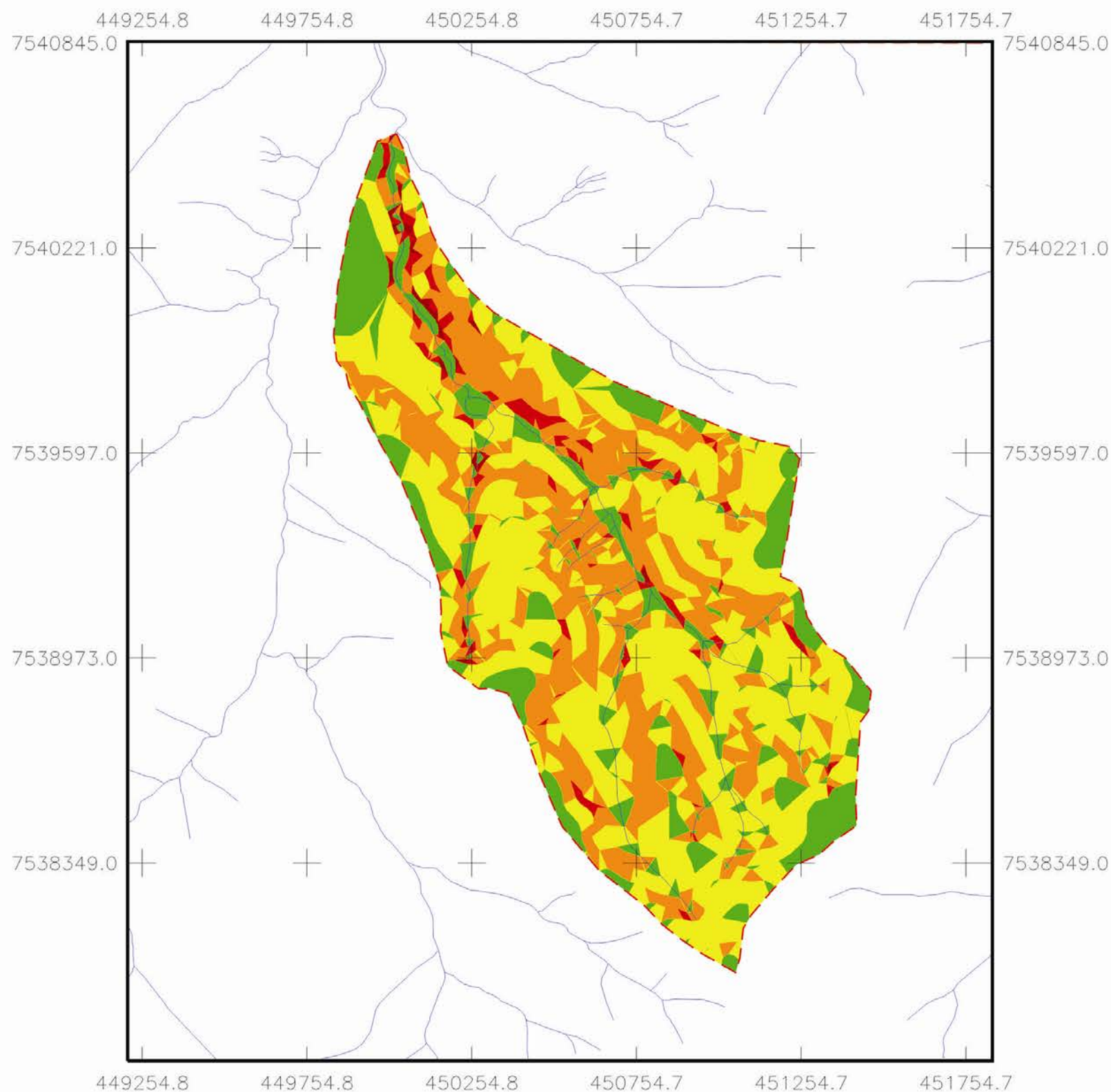
Esta estrutura sedimentar pode estar ligada também, a constante presença do gado dentro do canal em períodos de estiagem. O gado procura, principalmente em época de seca, a vegetação rasteira que ocupa o leito fluvial. Esta locomoção do rebanho, da média vertente para o canal, acelera esse processo erosivo, tendo em vista que, para transpor a barreira existente entre o banco de areia, onde se encontra a pastagem mais tenra, e a baixa e média vertente, com vegetação seca, é necessário erodir as margens, que em alguns pontos possuem declividade acentuada, provocando o colapso das do material lateral das margens e sua incorporação ao leito fluvial.



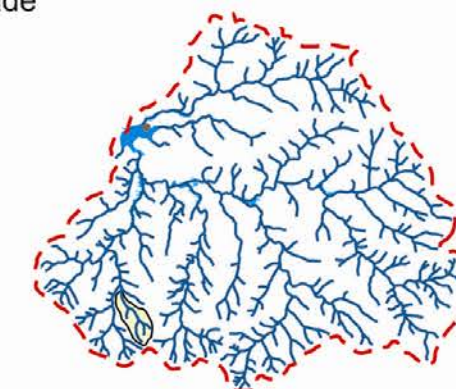
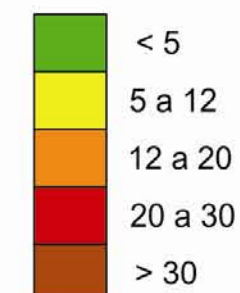
Sub-bacia do córrego do Lajeado Carta geomorfológica



Sub-bacia do córrego do Lajeado Mapa de declividade



Classes de declividade
em %



Limite da bacia



Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

Mapa 9

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Piroli

Apoio:
GADIS
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

5.3.3 – Uso e cobertura da terra na bacia do afluente do córrego do Lajeado.

Na bacia predomina o cultivo de cana de açúcar, seus interflúvios e vertentes são ocupados exclusivamente por esta cultura. Tendo como prática agrícola técnicas conservacionistas de solo como o plantio direto e plantação em terraços embutidos em nível, minimizando os efeitos da morfogênese e a perda de solo (foto 54 e 55). Além de serem obedecidas às normativas estabelecidas pela Lei 12651 de 2012, na qual canais menores que 10 metros; o proprietário terá que proteger com vegetação nativa o rio com 30 metros em cada margem e cinquenta metros de raio nas nascentes. Assim, na bacia todos os canais foram cercados conforme a lei, incluindo as nascentes.



Fotos 54. Solo preparado para plantio de cana em terraços embutido em nível. Foto Engemap (2008)



Foto 55. Plantio direto para conservação do solo evitando erosão e o impacto da chuva do solo. Foto do autor.

Todavia, estas áreas estabelecidas como preservação permanente, recebem constantemente a visita não recomendada do gado. Mas, diferentemente do que é encontrado nas bacias do Botafogo e do afluente do córrego do Embiri, estes animais são conduzidos para estas áreas que funcionam como currais bem separados por piquetes onde servem de pastagem para pecuária extensiva. Desta maneira, o cercado da Área de Preservação Permanente é utilizado para controlar o gado dentro desta área.

Esta forma de ocupação faz surgir, em locais onde a radiação solar penetra com facilidade dentro do canal, coberturas forrageiras que cobrem totalmente o canal, estas macrófitas estabilizadas pela acumulação nos bancos de areia atingem o talvegue do canal com facilidade. Em alguns pontos não é possível perceber de imediato a existência do fluxo fluvial.



Foto 56. Uso consorciado entre a cana na alta e média vertente com a criação de gado de corte na baixa vertente em Área de Proteção Permanente. Foto do autor.



Foto 57. Canal coberto por macrófitas, compostas por vegetação rasteira invasora. Foto do autor.

Segundo observações feitas em trabalhos de campo, a Floresta Estacional Semidecidual existente na bacia está bem estruturada. Apesar de ser um pequeno fragmento este exemplar não sofreu corte raso no processo de ocupação e sim um corte seletivo das espécies que possuem madeira de maior valor econômico. Todavia no alto curso onde aparece a primeira nascente e na foz do canal, houve a retirada total da vegetação primitiva, sendo encontradas de forma isoladas espécies pioneiras como, por exemplo, a embaúba (*Cecropia pachystachia*).

Quadro 7. Espécies Arbóreas nativas, presentes na mata ciliar da bacia do afluente do córrego do Lajeado.

<i>CE – ocorre em região de cerrado; FLO – ocorre e regiões de Floresta; RG – resiste à geada; SU – tolera solos encharcados; H – desenvolve-se em plena luz; U – desenvolve-se na sombra; R – crescimento rápido; L – crescimento lento; F – produz alimento para fauna</i>										
ESPÉCIE	NOME POPULAR	CE	FLO	RG	SU	H	U	R	L	F
<i>Pterogyne nitens</i>	Amendoim		X	X		X			X	
<i>Parapiptadenia rígida</i>	Angico da mata		X	X		X		X		
<i>Anadenanthera falcata</i>	Angico do cerrado	X				X		X		
<i>Anadenanthera macrocarpa</i>	Angico vermelho	X	X			X		X		
<i>Peltophorum dubium</i>	Canafístula		X			X		X		
<i>Cecropia pachystachia</i>	Embaúba	X	X		X	X		X		X
<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	Gabirolba		X	X					X	X
<i>Inga ligustrina</i>	Ingá	X	X		X	X		X		X
<i>Inga marginata</i>	Ingá		X		X	X		X		X
<i>Inga striata</i>	Ingá		X		X	X		X		X
<i>Tabebuia avellaneda</i>	Ipê roxo	X	X	X		X			X	
<i>Sapium glandulatum</i>	Leiteiro		X		X	X		X		
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Mutambo		X			X		X		

Fonte: trabalho de campo 23/3/2012.

Nesta área mostrada nas fotografias 58 e 59 a vegetação rasteira é predominante. Esta cobertura sufoca a vegetação ciliar em processo de regeneração, sobressaindo

apenas algumas espécies muito resistentes e de crescimento rápido. No ano de 2012, a prefeitura de Pirapozinho, replantou 10 mil mudas de 86 espécies diferentes com o objetivo de conectar os fragmentos de mata remanescente da bacia do córrego do Lajeado. Todavia, a utilização como pastagem nestas áreas é incompatível com o processo de regeneração da mata ciliar, de modo que grande parte destas mudas foram sufocadas e mortas pela cobertura forrageira e pelo pisoteio do gado.



Foto 58. Área de cabeceira sem proteção ciliar com vegetação predominantemente rasteira. Foto do autor.



Foto 59. Detalhe de um pequeno exemplar de embaúba, vegetação em regeneração. Foto do autor.

Outra dificuldade para a regeneração desta área é a prática da queimada da cana para a colheita, que ocorre nos meses de estiagem, quando não só a palha da cana se encontra seca, mas a pastagem e as folhas das pequenas árvores. Estas condições fazem com que o gado procure a vegetação mais tenra das áreas mais úmidas existente na região das nascentes difusas e nas áreas úmidas próximas ou dentro do canal fluvial (foto 60 e 61).



Foto 60. Pastagem seca entre a plantação de cana e o remanescente de floresta ciliar nativa. Foto do autor.

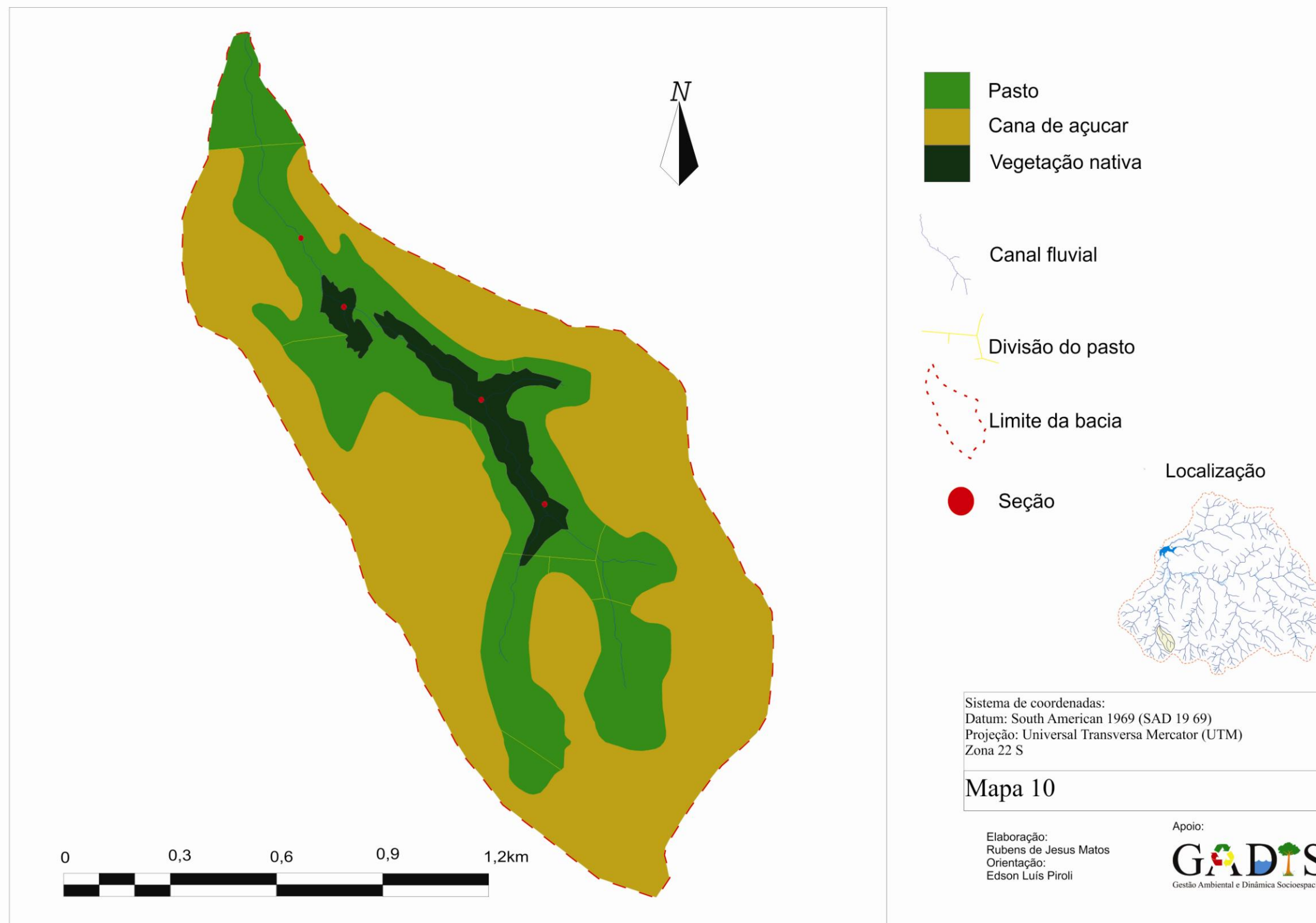


Foto 61. Pastagem seca na baixa vertente e leito fluvial com gramíneas verdes e tenras. Foto do autor.

Vestígios de incêndios são facilmente encontrados em toda a parte da nascente (fotos 62, 63 e 64), assim como pequenas estruturas de arvores queimadas e quebradas pelo deslocamento do gado.



Fotos 62, 63 e 64. Evidências de incêndio florestal causado pela queima da cana de açúcar, foto 64; última foto mostra uma árvore completamente queimada em meio ao pasto em área de APP. Fotos do autor.



CAPÍTULO VI – ESTUDOS LIMNOLÓGICOS: ANÁLISES DOS COMPORTAMENTOS ECOLÓGICO DAS ESTAÇÕES EM ESTUDO.

6.1 – Fatores indicadores e sua interação com a dinâmica ambiental e social

A meteorização do arenito Adamantina, quando exposto, fornece grande quantidade de areia de diversas granulometrias ao canal fluvial, contudo, o relevo; fator distribuidor de energia torna-se o principal responsável pelo transporte e deposição destes sedimentos. Isto porque a forma, a orientação e a sua organização espacial são fundamentais para a aquisição de energia e pela capacidade de transporte da água.

Assim, se hipoteticamente, pensarmos nas bacias em estudo sem qualquer uso de material químico sintético, tais como os insumos agrícolas (defensivos e adubação sintética ou orgânica) e, suponha também, que não haverá substâncias químicas orgânicas (esgoto doméstico, efluentes industriais, lixo doméstico entre outros) que possam vir a causar qualquer distúrbio ao ecossistema aquático. Onde nas bacias haverá apenas a cobertura atual do solo e sua dinâmica fluvial.

Notaremos que o relevo com a ajuda da cobertura do solo são condições limitantes⁴ para a distribuição dos organismos dentro do sistema. Pois, as seções de coleta de material amostral apresentam em suas vertentes e margens particularidades que irão definir a quantidade e qualidade dos materiais em suspensão e no leito do canal. Com isso, a biota bentônica encontrada estará adaptada a esse ambiente, podendo variar no tempo conforme as condições climatológicas locais e a variação desse ambiente.

De acordo com a teoria proposta por Vannot *et al* (1980), o dossel da vegetação ciliar dos rios de baixa ordem formam barreiras à incidência direta de luz solar no corpo hídrico (vide capítulo 3). Desta forma, a temperatura tornar-se-á mais amena em períodos mais quentes do dia, além de contribuir para o aporte de matéria orgânica particulada bruta (folhas, flores, frutos, gravetos, raízes, ramos e caules), além de limitar a produção primária local.

⁴ A presença e o sucesso de um organismo ou de um grupo de organismos dependem de um complexo de condições. Diz que qualquer condição que se aproxime de ou exceda os limites de tolerância é uma condição limitante ou um fator limitante (ODUM, 2010, p. 141).

Assim, a vegetação ciliar ajuda a distribuir os organismos ao longo do canal, construindo ambientes estenotérmico⁵ ou euritérmico⁶; dependendo da estrutura do dossel, estenofágico ou eurifágico e estenoécio ou euriécio; pois fornece matéria orgânica particulada bruta que servirá como alimentação e como esconderijo e moradia e, por fim, estenoidríco ou euriídrico; pois ajuda a preservar as nascentes perenes, difusas e a umidade nas baixas vertentes, porquanto, a quantidade de água tende a se manter perene e com pouca variação entre os períodos de estiagem e chuvosos.

Conforme mencionado nos capítulos anteriores, a composição desta vegetação, sua estrutura estratigráfica, a variedade de espécies e sua distribuição podem diminuir através do sistema radicular e da própria força de cisalhamento ocasionada pela sua composição irregular, o escoamento superficial, aumentando; desta maneira, a percolação da água, evitando a entrada de grande quantidade de sedimentos oriundos da erosão das vertentes. Esta dependência do canal com a vegetação marginal vai se refletir na composição da biota bentônica. Condições favoráveis ao crescimento de inúmeros organismos bentônicos. Quando retiradas estas condições a distribuição biológica acompanhará essas mudanças.

Em muitos casos, principalmente, espécies de organismos bentônicos com grande distribuição geográfica, segundo Odum (2010), conseguem desenvolver populações adaptadas às diversas condições ambientais a qual o autor chama de ecotipo. Estas condições de tolerância e espacialização de determinadas espécies de organismos fazem surgir algumas diferenciações no limite de tolerância (adaptada do índice do BMWP) das famílias encontradas nos estudos de Junqueira *et al.* (2000) e a apresentadas por Monteiro, Oliveira & Godoy (2008).

Algumas famílias de organismos bentônicos apresentam diferentes tolerâncias conforme demonstrado nos trabalhos referenciados acima, porém cabe salientar a pouca informação que temos sobre as espécies de organismos bentônicos existentes no Brasil. Por conta da sua extensão e biodiversidade, muitos organismos ainda sequer foram

⁵ **Esteno:** prefixo de origem grega usado para expressar o “estreito” (ou reduzido) grau de tolerância de um ser vivo. Fala-se então em: estenotérmico (relativo à temperatura); estenohídrico (relativo à água); estenofágico (relativo a alimento); estenoécio (relativo à seleção de habitat ou adaptação) etc., todos significando uma limitada tolerância às respectivas características ambientais citadas (GRISI, 2007, p. 101).

⁶ **Euri:** prefixo de origem grega usado para expressar o “amplo” grau de tolerância (ou de utilização de recursos) de um ser vivo. Fala-se então em euribático (relativo à pressão, da profundidade da água); euritérmico (relativo à temperatura); eurihídrico (relativo à água); eurihígrico (relativo à umidade do ar); eurihalino (relativo à salinidade); eurifágico (relativo a alimento); euriécio ou euritópico (relativo à seleção de habitat ou adaptação); todos significando uma ampla tolerância às respectivas características ambientais citadas. (GRISI, 2007, p. 103).

conhecidos, desta forma muitas adaptações ainda terão que ser feitas para conseguirmos maior detalhamento do sistema.

Contudo, com o avanço das pesquisas no Brasil, é possível perceber que muitas famílias que outrora eram consideradas de baixa tolerância a perturbações orgânicas, em alguns ecossistemas apresentam espécies mais tolerantes.

Em ambientes muito alterados como as áreas de deposição de sedimentos sem estrutura ciliar nativa a invasão de macrófita aquática com predomínio de espécies de gramíneas pode prejudicar o surgimento de espécies nativas (THOMAZ E ESTEVES, 2011). Porém, segundo os autores, esta colonização por espécies exóticas de vegetais podem provocar também um rearranjo das espécies bentônicas, isto se justifica pelo aumento da densidade populacional e pela diversidade de organismos existentes nestes *habitats*.

Macrófitas aquáticas introduzidas são mais impactantes quando crescem de forma vigorosas, como é o caso das gramíneas. Estudos recentes demonstraram que a gramínea *Urochloa subquadrifida*, nativa da África, mas abundante em ecossistemas aquáticos brasileiros, tem comprometido a diversidade de macrófitas aquáticas de importantes ecossistemas, como é o caso de alguns banhados do Pantanal Mato-grossense [...] (THOMAZ E ESTEVES, 2011, p. 515).

Contudo, os autores salientam que:

[...] nem sempre a invasão de uma espécie é seguida por efeito negativo. Há registros de que espécies exóticas podem não afetar as espécies e comunidades nativas, ou até mesmo beneficiar algumas populações aquáticas. A invasão de águas australiana pela gramínea *U. mutica*, embora tenha afetado os canais e córregos [...] não exerceu efeitos significativos sobre a abundância e riqueza de espécies de macroinvertebrados, comparativamente com outras gramíneas nativas. [...] Há casos em que macrófitas aquáticas exóticas beneficiam outras comunidades nativas, conforme constatado para a comunidade de peixes que colonizam *E. crassipes* no Zimbábue [...]. e *H. verticillata* em um lago da Nicarágua [...]. Até mesmo aumento das populações de aves aquáticas tem sido constatado após a introdução de *H. verticillata* no rio Potomac, EUA [...]. Nesses casos, as macrófitas aquáticas exóticas possivelmente contribuem para uma maior estruturação dos *habitats*, levando a efeitos desejáveis sobre as comunidades aquáticas (THOMAZ E ESTEVES, 2011, p. 516 - 517).

O autor trabalha com ambientes onde a vegetação nativa do entorno do canal é rasteira, isto justifica os impactos positivos referidos a esta cobertura. Porém, é necessário salientar que: a criação de uma nova dinâmica ambiental e o surgimento de

um novo *habitat*, mesmo com o crescimento da densidade e da diversidade de organismos, torna-se um fator limitante para a presença de outros organismos que outrora colonizavam esta porção da bacia. Isto porque, em córregos com vegetação arbórea nativa a fauna que coloniza estes biótopos é pouco tolerante ao aumento da incidência direta dos raios solares na camada superficial da água e mesmo a baixa oxigenação nas camadas mais profundas do canal.

O dossel das macrófitas pode provocar a redução da vegetação subaquática, reduzindo a oxigenação nas camadas mais profundas do canal, além de reduzir a velocidade do fluxo hidráulico (força de atrito) contribuindo para a decantação do material em suspensão no leito do canal.

Somado a estas interações entre cobertura do solo e distribuição bentônica a adição de elementos químicos sintéticos (defensivos agrícolas, adubação e outros insumos) e orgânicos (esgotamento sanitário, fezes de animais) promovem a eutrofização da água, limitando a quantidade de espécies de organismos neste meio (figura 28).

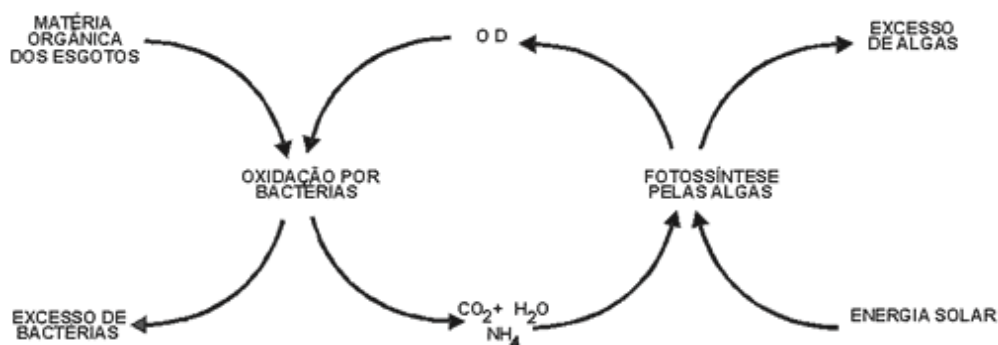


Figura 28. Simbiose entre bactéria e algas em lagoa de estabilização. Fonte: CETESB, 2009.

Segundo Tundisi *et al.* (2006) as consequência da eutrofização dos recursos hídricos são: aumento da concentração de nitrogênio e fósforo na água (sob forma dissolvida e particulada) e de amônia e nitrito, acréscimo de material em suspensão particulado de origem orgânica na água, redução da zona eufótica e na redução da concentração de oxigênio dissolvido na água (principalmente em período noturno), anoxia nas camadas mais próximas aos sedimentos, aumento na decomposição em geral do sistema e emissão de odores indesejáveis, aumento das bactérias patogênicas (de vida livre ou agregadas ao material em suspensão), mortalidade ocasional de peixes, alteração nas cadeias alimentares e aumento da biomassa de algumas espécies de organismos.

6.1.1 – Análise limnológica do córrego do Botafogo

No córrego do Botafogo foram amostrados oito locais de coleta biológica, nos quais foram observadas mudanças significativas na biodiversidade de famílias nos meses de março e agosto. Nesta sub-bacia, a área urbana é a principal estruturadora das comunidades, a adição de substâncias orgânicas e inorgânicas alóctones do sistema produz mudanças significativas na organização das comunidades bentônicas.

No ano de 2011, nos primeiros trabalhos de reconhecimento da bacia, foram registrados, nas áreas receptoras dos resíduos dos processos urbanos transportados pela sua estrutura de drenagem, grande mortandade de peixes com aproximadamente 25 cm (fotos 65 e 66) e modificação significativa da sua fauna bentônica.



Fotos 65 e 66 Peixes mortos em seções do baixo curso do córrego do Botafogo, áreas muito suscetível a modificações na biodiversidade causado pela introdução de resíduos urbanos. Foto do autor (27/07/2011).

No mês de dezembro a fim de verificar qual era o comportamento da bacia nos meses de verão, foi realizado outro trabalho de campo. Nesta visita de campo foi possível verificar as consequências do despejo de esgoto causado por falhas nas bombas da Estação Elevatória de Esgoto da SABESP, localizada na margem de um dos afluentes do córrego do Botafogo. Nestas condições foram coletadas amostras para análise laboratorial, porém como ainda não haviam sido definidas as seções de coleta, estas informações não serão comparadas com as demais, todavia, foram realizadas muito próximas das seções escolhidas.

As amostras a montante do despejo do efluente da Estação Elevatória mostraram uma menor carga de compostos orgânicos em suspensão, quando comparados com as demais seções. Porém, cabe salientar que as seções 1 e 3 receberam de modo direto, as

águas da seção 4 que por sua vez foi tributário direto da estação, portanto, esta seção recebeu diretamente toda a carga de esgoto.



Foto 67. Aflente do córrego do Botafogo com esgoto doméstico liberado pela Estação Elevatória de Esgoto. Fonte: foto do autor (21/12/11).



Foto 68. Diferença visual de turbidez e vazão entre o córrego do Botafogo à esquerda e seu aflente receptor de esgotamento sanitário a direita. Fonte: foto do autor (21/12/11).

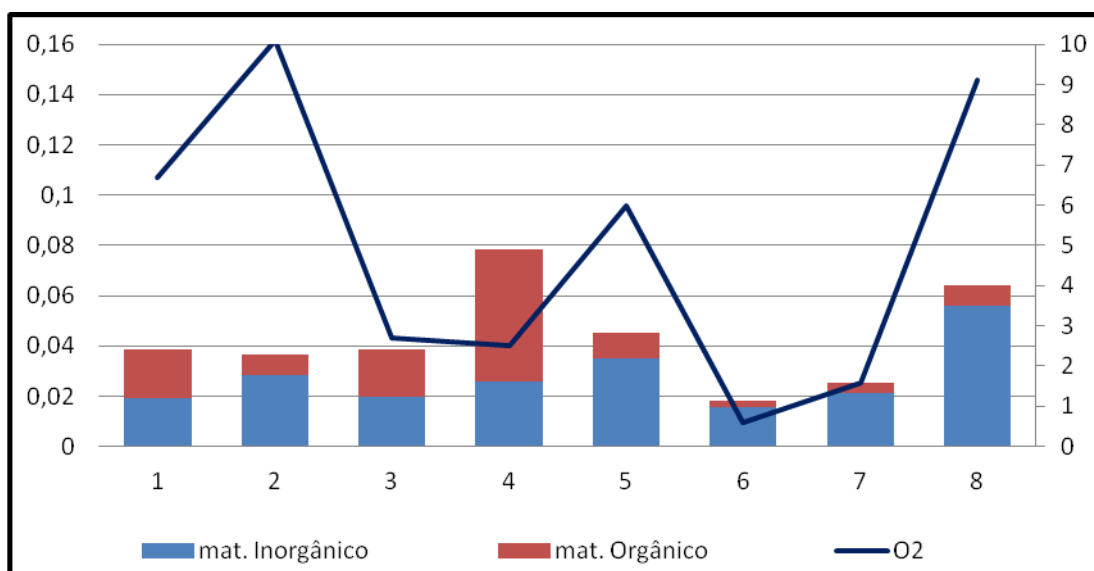


Gráfico 8. Sólidos em suspensão do córrego do Botafogo em dezembro de 2011.

Assim como demonstra o gráfico 8, os níveis de oxigênio chegaram a quantidades muito baixas, em sua maioria inferiores a 6 mg.l⁻¹, chegando em algumas seções a 3 mg.l⁻¹, ou inferior a isso. Nestas condições foram encontrados na seção 4 apenas 9 organismos, onde sete organismos pertencem a família dos *Syrphida* e duas a família dos *Psychodidae*, todos da ordem dos dípteros e resistentes a perturbações orgânica.

No mês de março as temperaturas do canal foram todas superiores as encontradas nos meses de agosto. As seções B3, B4 e B5 demonstraram maior

amplitude de temperaturas entre uma coleta e outra, sendo que as seções 3 e 4 não possuem vegetação ciliar nativa, assim, a radiação neste local é intensa.

Foram capturados no mês de agosto, quando as águas estão mais frias, maior variedade de famílias, fugindo a regra apenas a seção B3 (figura 30), sendo as famílias de *Chironomidae* e *Hydrophilidae* as mais facilmente encontradas em todas as seções amostradas, exceto na seção B6 onde a família dos *Chironomidae* não foi encontrada em março e a família *Hydrophilidae* em agosto. Possivelmente a composição do leito, o qual não continha sedimentos de fundo (gráficos 2 e 3), pode ter influenciado nesta distribuição visto que as águas correm em leito arenítico.

Este aumento na diversidade de famílias em agosto ocorreu em ambiente com níveis de oxigênios dissolvidos acima de 7mg.l^{-1} , porém, as seções a montante demonstraram em ambos os meses menor concentração de O_2 , chegando a níveis de 2mg.l^{-1} na seção B5 no mês de agosto, todavia, sem prejuízo a variedade de famílias.

A biodiversidade de famílias em agosto, de maneira geral, quando comparado ao mês de março, aumentou assim como a quantidade dos sedimentos em suspensão. Esta diferença na quantidade de famílias é acompanhada pelo aumento da densidade de organismos em todas as seções. Neste período as seções B2, B4 e B6, além das B7 e B8, apresentaram aumento nos sólido suspensos orgânicos e inorgânicos (figura 29).

Esta diferença na diversidade biológica foi acompanhada pela mudança na composição física dos sedimentos de fundo do leito do canal em duas seções (B2 e B4). No mês de agosto as seções apresentaram aumento no percentual de sedimentos de granulometria fina, muito fina, de silte e argila.

Segundo Esteves, Leal e Callisto (2011):

A textura, assim como a composição do sedimento, influenciam significativamente a distribuição vertical do zoobentos. Neste sentido sedimentos movediços, com elevado teor de água intersticial e composição granulométrica de média a fina (areia fina, silte e argila) são sedimentos propícios a serem colonizados em camadas mais profundas (ESTEVES, LEAL E CALLISTO, 2011, p. 601).

Segundo o autor, os organismos bentônicos tem sua distribuição ligada a inúmeros fatores abióticos, os quais ele destaca cinco: a) disponibilidade e qualidade dos alimentos; b) tipo de sedimento; c) tipo de substrato (rochas, troncos, macrófitas aquática, folhiço); d) temperatura; e) concentração de oxigênio dissolvido e gás sulfídrico e f) velocidade da corrente. Este último contribui para a seleção do material

do leito fluvial através dos processos geomorfológicos (erosão, transporte e sedimentação).

Assim, no mês de agosto a temperatura e o oxigênio dissolvido se mantiveram abaixo dos aferidos no mês de março, havendo menor amplitude térmica e maior diferença na oxigenação da água na seção B5 (figura 29). Possivelmente, a vegetação estratificada e densa nesta região proporciona maior estabilidade nas temperaturas internas da mata. Contudo, o aporte de material orgânico maiores que 1mm (folhas, galhos, troncos etc.) e sua decomposição diminuiu, de modo considerável, a concentração de oxigênio na água.

Para Esteves, Leal e Callisto (2011), os organismos que colonizam os detritos (fungos, bactérias e leveduras) são as principais reservas de energia para os organismos bentônicos. Para eles, os substratos de maior biodiversidade são pedregulhos, musgos, folhiços e gravetos. Já as maiores densidades destes organismos são encontradas em ambientes ricos em musgos, macrófitas, pedregulhos e gravetos.

A seção B4 apresentou maior diferença na quantidade e densidade de organismos, o aumento na quantidade organismos foi 185 vezes maior do que a encontrada no mês de março. Sendo a família *chironomidae* a principal responsável por este crescimento no número de indivíduos. A velocidade da água neste ponto era relativamente baixa o que contribui para a decantação do material em suspensão.

O material depositado no seu leito e a falta de cobertura vegetal em suas margens contribui para o crescimento de comunidades de *perífiton*⁷, as quais contribuem para a oxigenação nesta seção. Assim, a baixa velocidade da água e a carga orgânica transportada da urbana criam ambiente propício para a proliferação das larvas de *chironomidae*. As larvas encontradas são do gênero que apresenta hemolinfa com pigmentação vermelha; adaptada ao ambiente com baixa oxigenação.

⁷ O *perífiton* é considerado um biofilme ou bioderme que varia em espessura e se desenvolve na superfície de rochas, em vegetação ou em qualquer outro substrato submerso em rios, lagos, lagoas, riachos, córregos, brejos (...) etc.

São componentes da comunidade perifítica, algas de todas as Classes (principalmente algas filamentosas, unicelulares e coloniais, que apresentam estruturas de fixação) as quais podem corresponder a cerca de 95 a 99% de toda a comunidade (FERNANDES E ESTEVES, 2011)

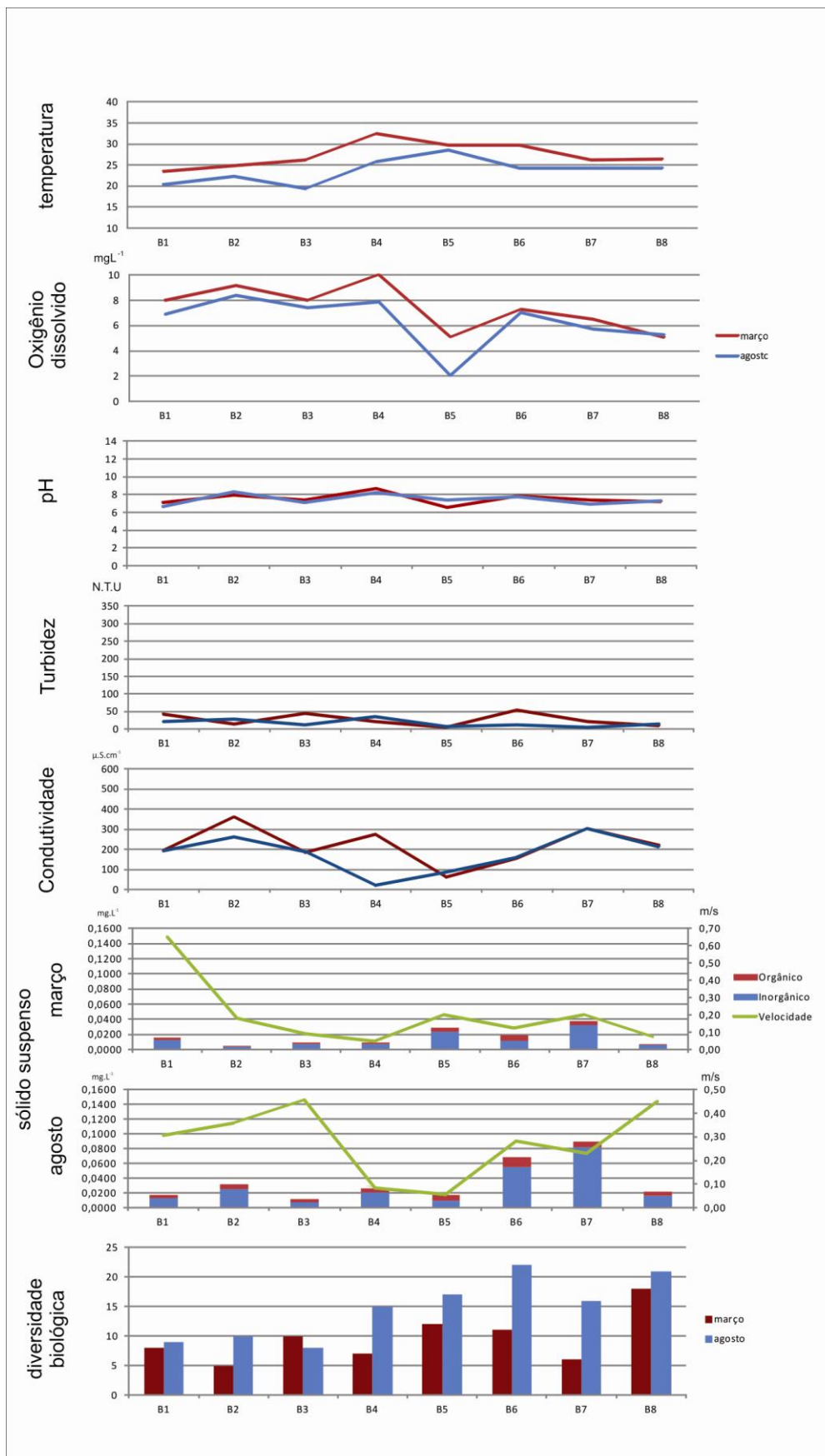


Figura 29. Síntese de gráficos das variáveis limnológicas, coletadas no córrego do Botafogo nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 21/03/2012 e 23/08/2012.

A densidade de organismos de cada família também acompanhou esse crescimento, aumentando de forma significativa em todas as seções (tabela 1 e mapas 11 e 12). Os bioindicadores que estão relacionados com determinados agentes poluidores antrópicos ou fatores naturais que contribuem para seu desenvolvimento em detrimento dos menos tolerantes em muitos casos apresentam em alta densidade de organismos tais como *oligochaeta* e *chironomidae* principalmente de coloração vermelha.

[...] Algumas espécies possuem pigmentos semelhante à hemoglobina na hemolinfa, permitindo ocupar ambientes com baixíssimas concentrações de oxigênio dissolvido. Em alguns ambientes aquáticos os quironomídeos podem ocorrer em elevadas densidades e biomassas sendo o táxon dominante em diversos ambientes. Dentre esta família a espécie *Chironomus plumosus* apresenta-se fortemente associada a ambientes ricos em matéria orgânica e é bastante tolerante a condições de anoxia, sendo utilizada como bioindicadora de ambiente poluído por despejos orgânicos (ESTEVES, LEAL & CALLISTO, 2011, p. 594).

Tabela 1. Organismos coletados na bacia hidrográfica do córrego do Botafogo.

Família	Março								Agosto							
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
<i>Erpobdellidae</i>				3					16							
<i>Glossiphoniidae</i>		1				3				26	1	4		3		
<i>Oligochaetae</i>	1				7			1	2	8		9	31	3	2	
<i>Planariidae</i>															1	
<i>Hydrobiidae</i>				1	4		27	1				1	5		12	68
<i>Physidae</i>												1	28			
<i>Planorbidae</i>	1						4	1	1			1	1		1	
<i>Acari</i>					1											1
<i>Callembola</i>																1
<i>Baetidae</i>		1														4
<i>Caenidae</i>	3		9			11		9								
<i>Leptohyphidae</i>						5										
<i>Leptophlebiidae</i>						5								18		
<i>Calopterygidae</i>						6								10		
<i>Coenagrionidae</i>			3			3							6			3
<i>Corduliidae</i>			1			6		3		3			1			1
<i>Gomphidae</i>						1		2					1		1	
<i>Protoneuridae</i>													4			
<i>Canacidae</i>											10	11				
<i>Ceratopogonidae</i>			1					2		46		50		6	11	4
<i>Chironomidae</i>	4	2	6	3	16		1	22	63	16	56	2697	14	31	43	209
<i>Culicidae</i>				1	2							476				
<i>Dolichopodidae</i>								3								
<i>Empididae</i>															2	1
<i>Ephydriidae</i>									16	42		45				
<i>Muscidae</i>											3	7	1			

Família	Março								Agosto							
	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
<i>Psychodidae</i>					1									6		
<i>Simuliidae</i>	20			1					346	18	5	5		3		2
<i>Stratiomyidae</i>							1	3							3	3
<i>Syrphidae</i>								4								
<i>Tabanidae</i>		1														
<i>Tipulidae</i>												3	1		5	1
<i>Dryopidae</i>													1	2	1	
<i>Dytiscidae</i>												3	5	1	7	15
<i>Elmidae</i>	1		5	1	19	58		1	2		3		3	264		
<i>Hydraenidae</i>								1								
<i>Hydrophilidae</i>	3	12	2	8	4	2	3	6	14	23	19	14	3		6	6
<i>Lampyridae</i>								1								
<i>Noteridae</i>					3	2							7	6		2
<i>Psephenidae</i>														8		
<i>Torridincolidae</i>										3						
<i>Calamoceratidae</i>													4			4
<i>Hydropsychidae</i>	3		1		1								3			
<i>Polycentropodidae</i>																5
<i>Xiphocentronidae</i>											1		3	1	4	1
<i>Corydalidae</i>														1		
<i>Belostomatidae</i>			1			1	1	1					2		2	1
<i>Corixidae</i>										2						
<i>Hebridae</i>													1			
<i>Mesoveliidae</i>																1
<i>Naucoridae</i>			1		1			2	6					1	1	2
<i>Nerthridae</i>								1					1			
<i>Notonectidae</i>														1		
TOTAL	36	17	30	18	59	103	37	64	466	187	98	3327	126	365	102	335

Fonte: coleta *in loco* realizada nos meses de março e agosto.

Na coleta de março, período de fortes precipitações, a densidade de organismos foi relativamente baixa, em todas as seções, quando comparada ao mês de agosto, período de estiagem. Conforme supracitado, no período de estiagem temos uma explosão populacional de organismos resistentes a perturbação orgânica, principalmente os da ordem das dípteras (tabela 1), sendo facilmente observada nas seções: 1, 2, 3 e 4.

Nestas quatro primeiras seções, por conta tanto da drenagem urbana, do despejo de esgoto e pela constante movimentação de terra; provocada pela ocupação e pela falta de floresta nativa em sua margem, foram encontrados, em sua maioria, organismos tolerantes, muito tolerantes e extremamente tolerantes a perturbação orgânica.

Seção B1

No período de cheia foram coletados 36 organismos, sendo que 56% pertencentes à família dos *simuliidae* (tolerantes). Quando somado a família dos *chironomidae* (11%), a ordem dos dípteras, na qual se inclui a família dos *simuliidae*, responde por 67% de organismos da amostra.

A presença da família *simuliidae* nesta seção ocorre por diferentes fatores, porém a composição dos sedimentos de fundo com 60% de grânulos e seixos no mês de março e 73%, aproximadamente, no mês de agosto juntamente com invasão de gramíneas (macrófitas aquáticas) fornecem estruturas de fixação para estes organismos (figura 31).

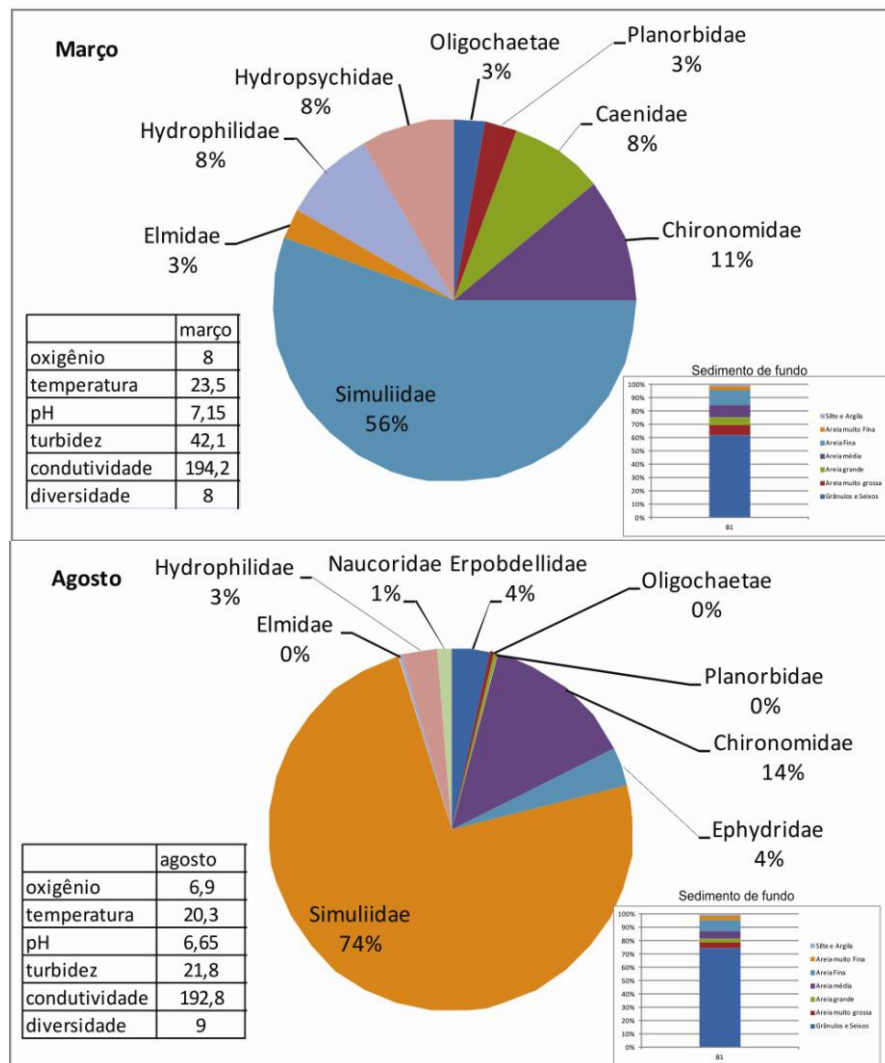


Figura 30. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B1 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 21/03/2012 e 23/08/2012.

Na seção B1 houve um acréscimo de 430 organismos no intervalo de tempo de uma coleta para a outra (figura 30 e mapas 11 e 12), contudo este aumento da densidade de organismos não é acompanhado pela sua diversidade. Alguns organismos como salientado acima tiveram aumento significativo, acrescentando nesta observação a família dos *Hydrophilidae* que saltou de três indivíduos no mês de março para 14 indivíduos em agosto.

Outros organismos (*Oligochaetae*, *Planorbidae*, *Elmidae*) permaneceram estáveis em número de indivíduos, sendo que o restante (*Caenidae* e *Hydropsychidae*) desapareceram e foram substituídas por outras três famílias (*Erpobdellidae*, *Ephydriidae* e *Naucoridae*).

Seção B2

Canal de primeira ordem, relativamente isolado das demais seções, desta forma não recebe as cargas orgânicas proveniente da montante, todavia, recebe influência dos depósitos de lixo na nascente, assim como da drenagem urbana de parte do bairro Ana Jacinta.

Na amostra de março, foram coletados 17 indivíduos de cinco famílias diferentes, as quais são consideradas extremamente tolerantes (*Glossiphoniidae*, *Chironomidae*) e muito tolerantes (*Baetidae*, *Tabanidae*, *Hydrophilidae*) a perturbação orgânica.

Já no período de estiagem temos uma mudança no cenário dentro do canal, o número de famílias dobra. O aparecimento de novos organismos com tolerâncias diversificada demonstram que o canal tem uma resiliência alta, todavia, nota-se o aumento de organismos resistentes à perturbação orgânica *Glossiphoniidae* (26 indivíduos), *Ceratopogonidae* (46 indivíduos), *Ephydriidae* (42 indivíduos) e *Hydrophilidae* (23 indivíduos), representando 87% dos organismos coletados neste período. É importante notar o aparecimento de três indivíduos da família *corduliidae*, organismos sensíveis à perturbação orgânica segundo o índice BMWP. Possivelmente, esta família possui espécies tolerantes não conhecidas na Europa e existentes no mundo tropical.

Os dados químicos e físicos demonstram uma variação pequena entre o mês de março e agosto em todas as variáveis aferidas *in loco*, a diminuição nos níveis de oxigênio, na temperatura e na condutividade, o aumento do pH e da turbidez,

juntamente com a heterogeneidade dos sedimentos de fundo contribuíram para a maior variação e distribuição percentual dos organismos. Assim como o aumento do material em suspensão tanto orgânico como inorgânico ofereceram condições para a proliferação de organismos coletores e filtradores.

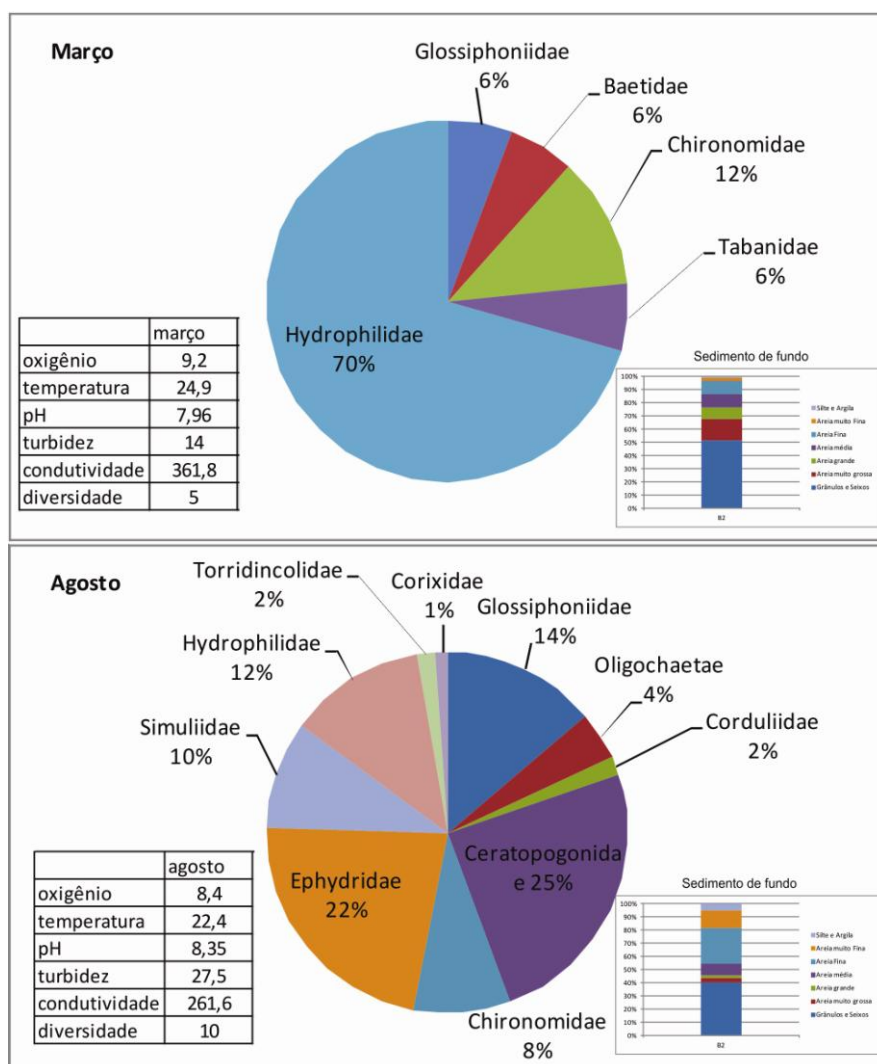


Figura 31. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B2 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 21/03/2012 e 23/08/2012.

Apesar de não possuir uma fonte pontual de despejo de esgoto doméstico, o lixo acumulado na nascente e a lavagem das ruas pelas águas pluviais, possivelmente, levem para o canal grande quantidade de materiais tóxicos, tais como: metais pesados (presentes em pilhas, baterias, combustíveis, lubrificantes etc.), matéria orgânica; fezes de animais domésticos, lixo residencial e materiais “inertes”; restos de construção e mobília residencial.

Seção B3

Diferentemente das duas seções supracitadas, a terceira seção tem sua diversidade diminuída no período de estiagem (coleta de março) quando ocorreram as principais precipitações. Foram coletadas dez famílias sendo uma sensível a perturbação (*Corduliidae*), quatro tolerantes (*Coenagrionidae*, *Hydropsychidae*, *Belostomatidae*, *Naucoridae*), quatro muito tolerantes (*Caenidae*, *Ceratopogonidae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*) e uma extremamente tolerante (*Chironomidae*), todavia, em toda a amostra foram encontrados apenas 30 indivíduos.

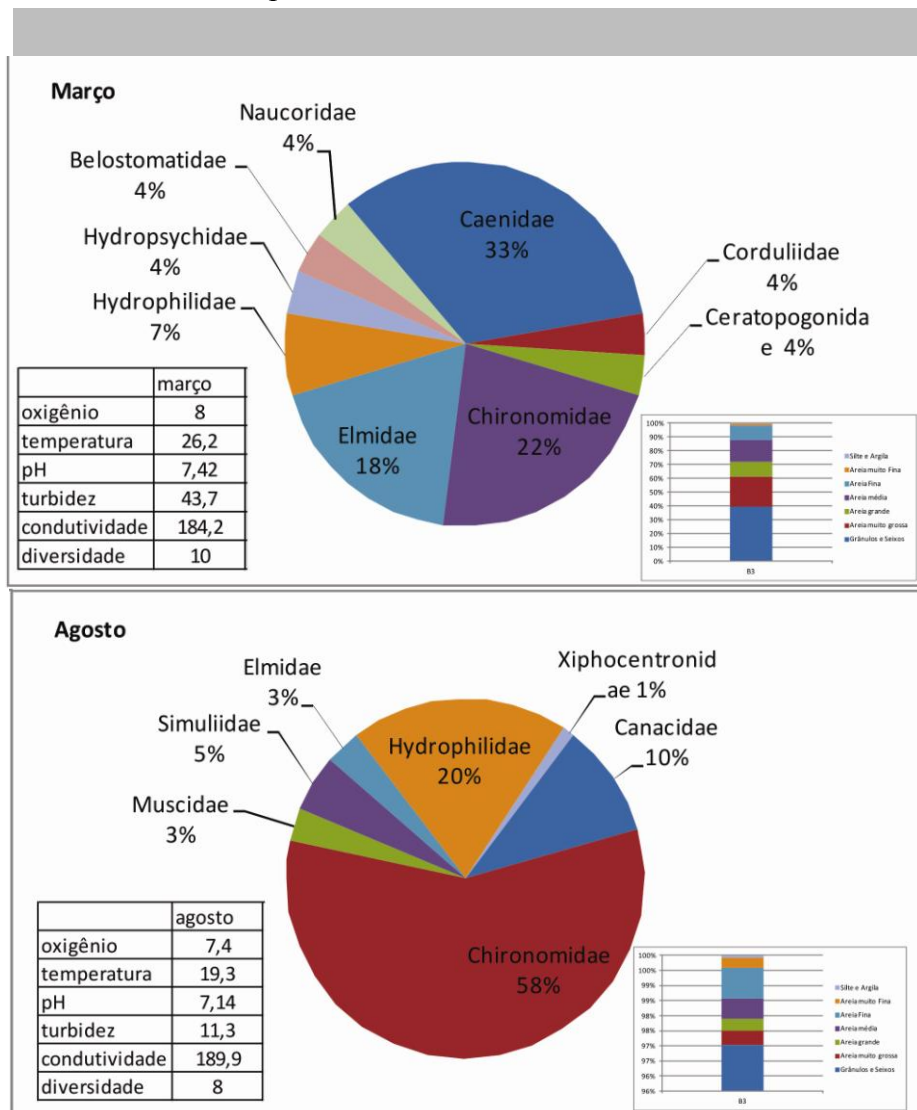


Figura 32. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B3 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 21/03/2012 e 23/08/2012.

No período de estiagem houve um decréscimo no número de famílias, sendo encontrado apenas oito, *Glossiphoniidae*, *Canacidae*, *Chironomidae*, *Muscidae*, *Simuliidae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae* e *Xiphocentronidae*, totalizando 98 indivíduos.

Seção B4

A presença de grande densidade de organismos de *chironomidae* ocorre provavelmente por conta do grande aporte de sedimento orgânico oriundo da área urbana que o circunda. Tendo em vista, que à montante da seção se encontra a estação elevatória de esgoto da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), que possivelmente por problemas operacionais permite o despejo de esgoto *in natura* dentro do canal fluvial.

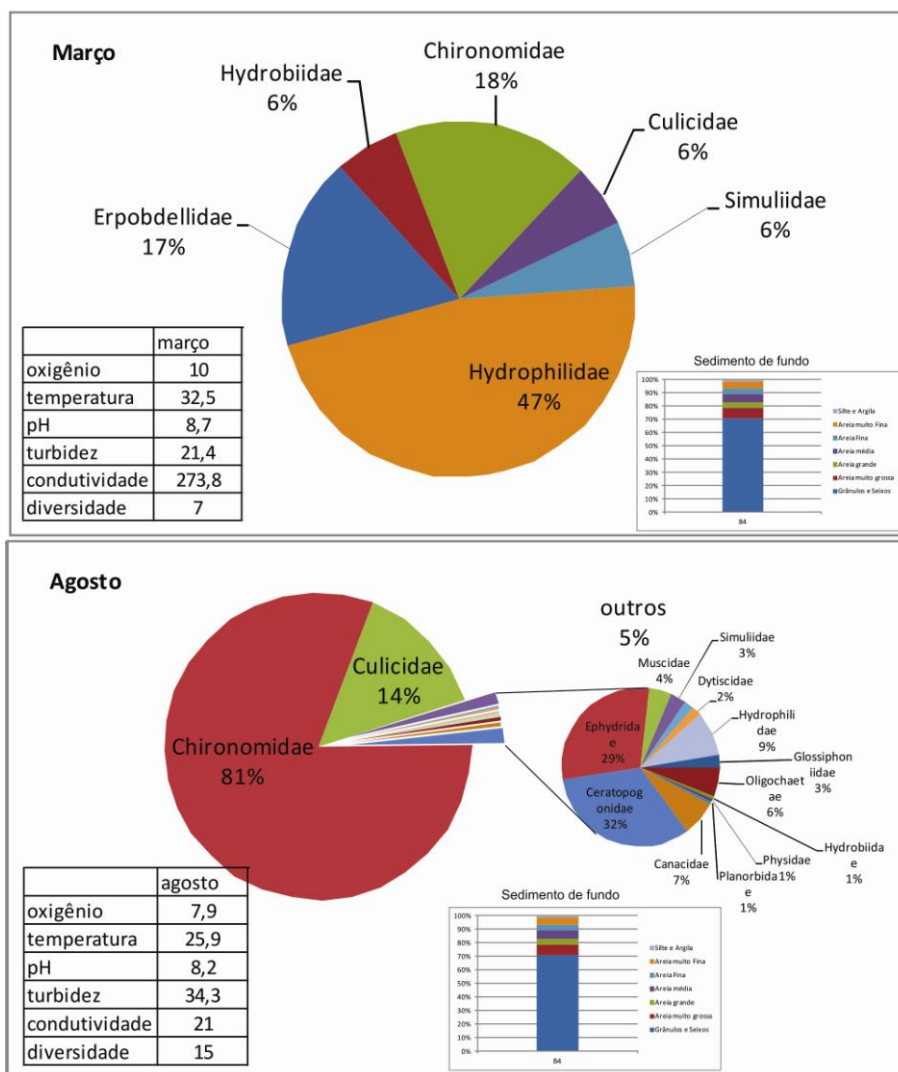


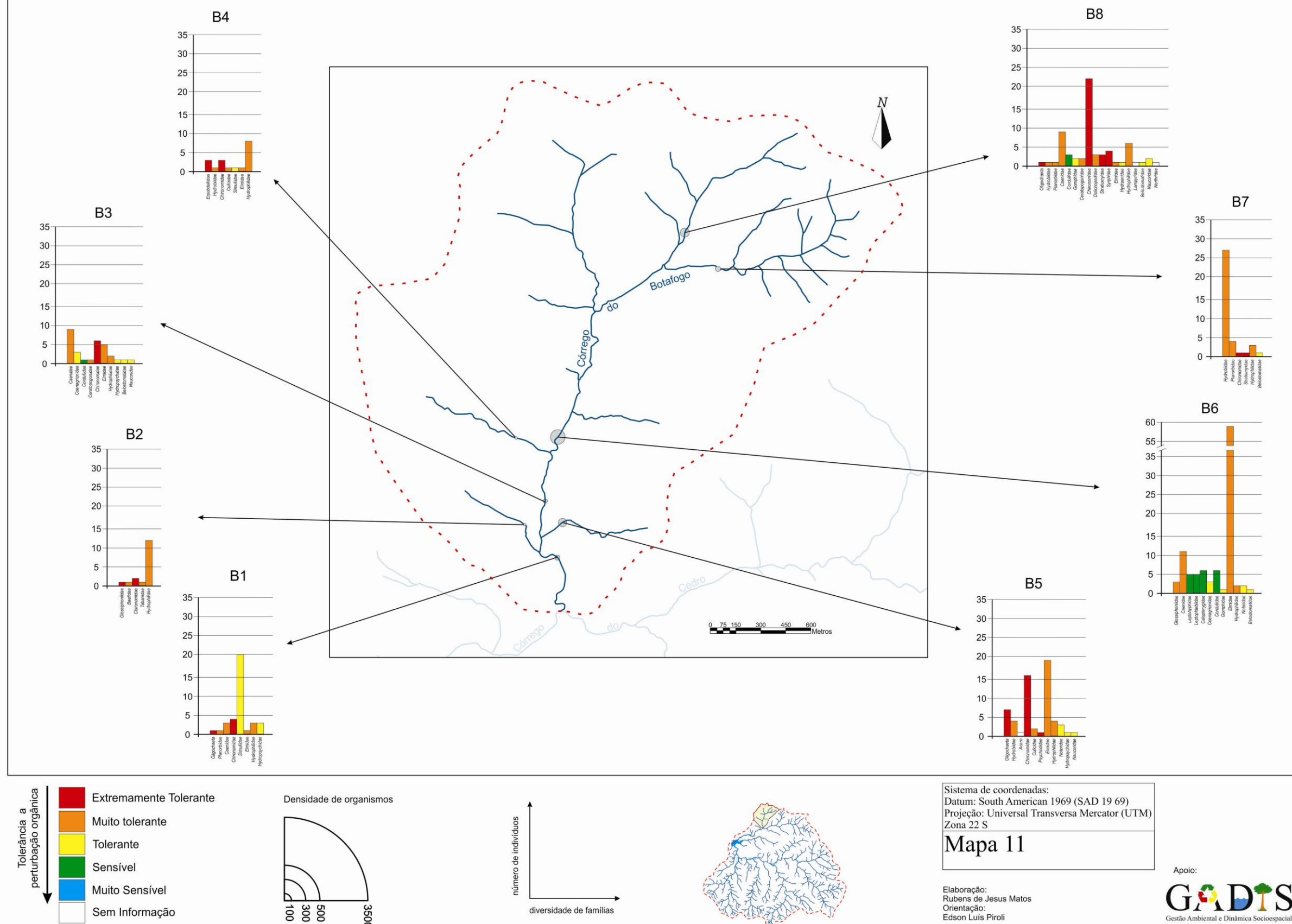
Figura 33. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B4 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 21/03/2012 e 23/08/2012.

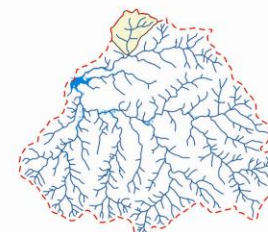
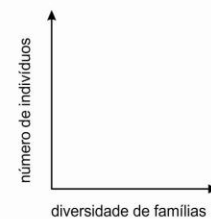
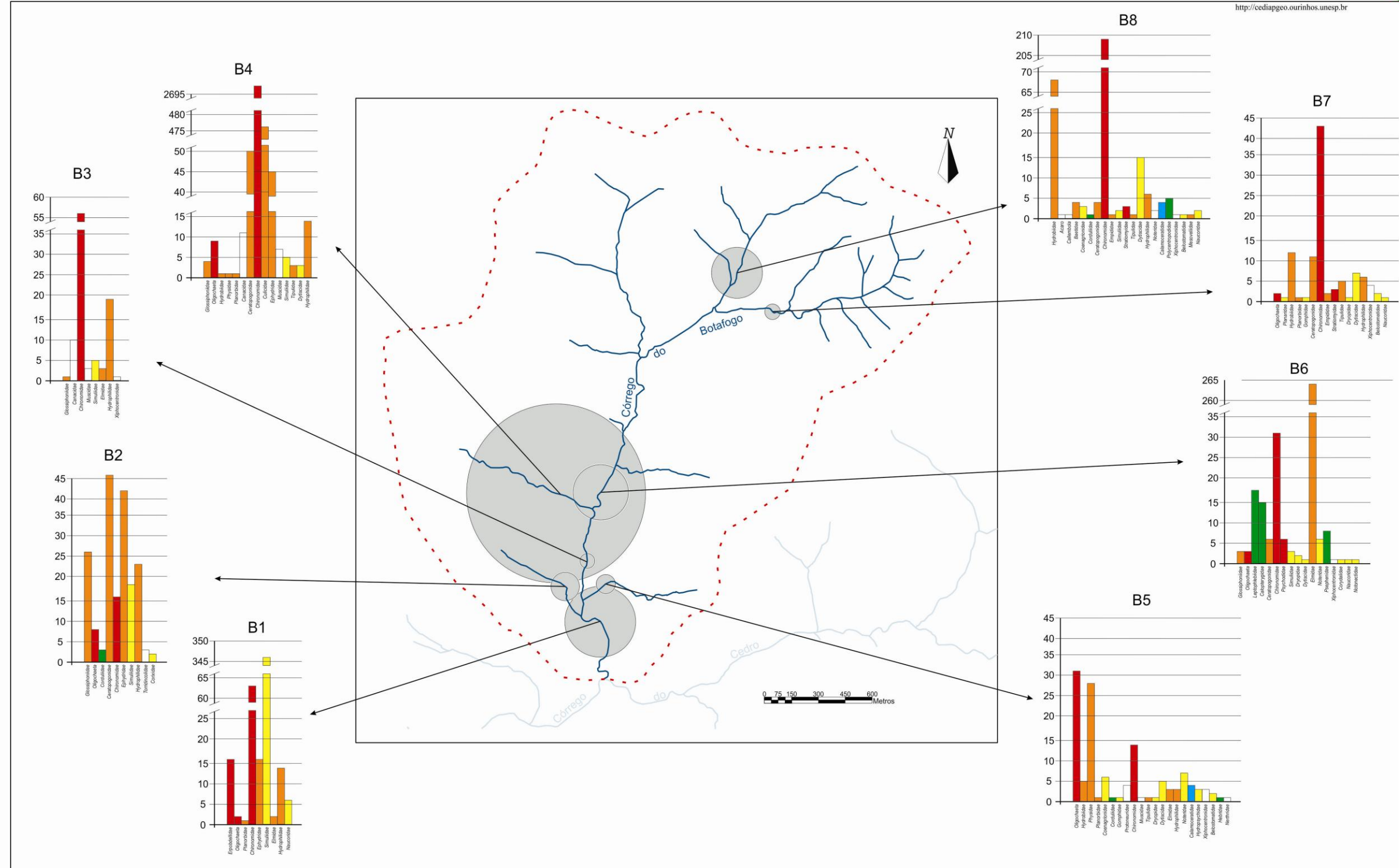
Na comparação das duas coletas houve um aumento significativo no número de indivíduos das famílias da ordem dos dípteros no mês de agosto. Sendo a família *chironomidae* a mais recorrente, aparecendo em quase todas as seções. É importante salientar os resultados desta seção, nela a alta densidade de *Chironomidae*, 2697 indivíduos em 900 cm² (29.967 indivíduos por m²), com pigmentação vermelha demonstrou o grau de contaminação orgânica proveniente dos bairros adjacentes.

Esta explosão demográfica no número de indivíduos da ordem dos dípteros e aumento da densidade desses organismos tolerantes a perturbação orgânica aparecem também nos pontos à jusante da seção B4, canal que recebedor da descarga de esgoto doméstico.

O aumento da densidade de organismos da família *Chironomidae* mostra o grau de contaminação do córrego do Botafogo, possivelmente causado pela drenagem urbana e, de forma significativa, o despejo de esgoto doméstico no canal próximo ao ponto 4. Isto fica evidente quando observamos o canal de forma contínua, as seções (1 e 3), que recebem as águas oriundas do ponto quatro, tiveram também um aumento significativo no número de indivíduos da família dos *Chironomidae*.

Esta perturbação orgânica não necessariamente ocorreu no mesmo período da coleta de macroinvertebrados, mas, a sedimentação do material orgânico contribuiu para esse aumento no momento mais adequado à reprodução deste inseto. Tendo em vista que a maior parte dos *Chironomidae* se enquadra nos grupos dos coletores filtradores e coletores comedores de sedimentos.





Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

Mapa 12

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Piroli

Apoio:

GADIS
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

As seções B5, B6, B7 e B8, são pontos que não recebem, de forma direta, as influências do escoamento pluvial da área urbana e do esgoto doméstico oriundos da estação elevatória de esgoto. Localizados a montante da perturbação do despejo de esgoto (seções B6, B7 e B8) conseguimos obter informações, no mesmo período, da qualidade da água sem as contaminações provenientes da área urbana. Contudo, por conta do uso e da ocupação das terras a diversidade biológica é afetada significativamente.

Seção B5

Esta seção apresenta uma boa cobertura vegetal com águas que não recebem influência das áreas urbanas, o dossel da vegetação nativa forma uma cobertura que dificulta a incidência direta da radiação solar. Assim, os produtos e processos da área urbana e do esgoto doméstico das seções supracitadas não interferem de modo direto na distribuição dos organismos nesta região da bacia.

Porém, a vegetação densa contribui para um maior aporte de matéria orgânica particulada bruta e a existência de matéria orgânica particulada fina no leito do canal que, por possuir pequenas dimensões acabam por soterrar parte do leito e consumir o oxigênio dissolvido na água. Mas, apesar deste processo de diminuição do oxigênio este ambiente oferece condições para a diversidade bentônica. Salientamos que no mês de agosto, a diversidade de famílias saltou de 11 para 22, sendo encontrados organismos muito sensíveis à perturbação orgânica.

No mês de março foram capturadas 11 famílias: três tolerantes, quatro muito tolerantes, três extremamente tolerantes e uma sem informação. Neste período o canal possui um pequeno filete de água, que muitas vezes fica retida no barramento construído em sua nascente.

No período de estiagem a variedade de famílias capturadas subiu para vinte e duas, o dobro da quantidade capturada no mês de março. O aumento foi seguido pelo aparecimento de famílias sensíveis (*Corduliidae*, *Hebridae*) e muito sensíveis a perturbação (*Calamoceratidae*) orgânica e de famílias tolerantes (*Coenagrionidae*, *Gomphidae*, *Dryopidae*, *Dytiscidae*, *Belostomatidae*) e muito tolerantes (*Physidae*, *Planorbidae*, *Tipulidae*).

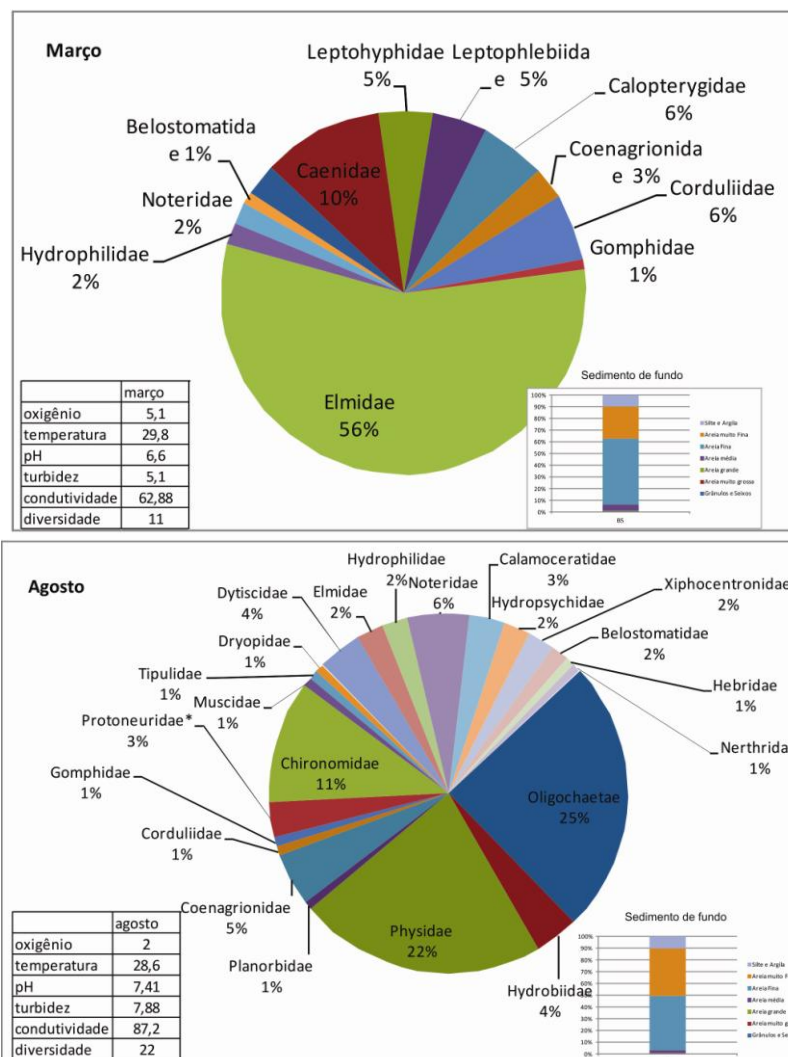


Figura 34. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B5 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 21/03/2012 e 23/08/2012.

Os organismos encontrados nas coletas de março e agosto, quatro apresentaram aumento de indivíduos no período de estiagem: *oligochaeta*, *hydrobiidae*, *noteridae*, *hydropsychidae*; sendo que as *oligochaeta* tiveram um aumento expressivo de sete indivíduos encontrados no mês de março para trinta e um no mês de agosto. E três famílias tiveram um decréscimo na quantidade de indivíduos: *chironomidae*, *elmidae* e *hydrophilidae*; não sendo registrada a presença de indivíduos da subclasse acari e de famílias culicidae e psychodidae presentes no mês de março.

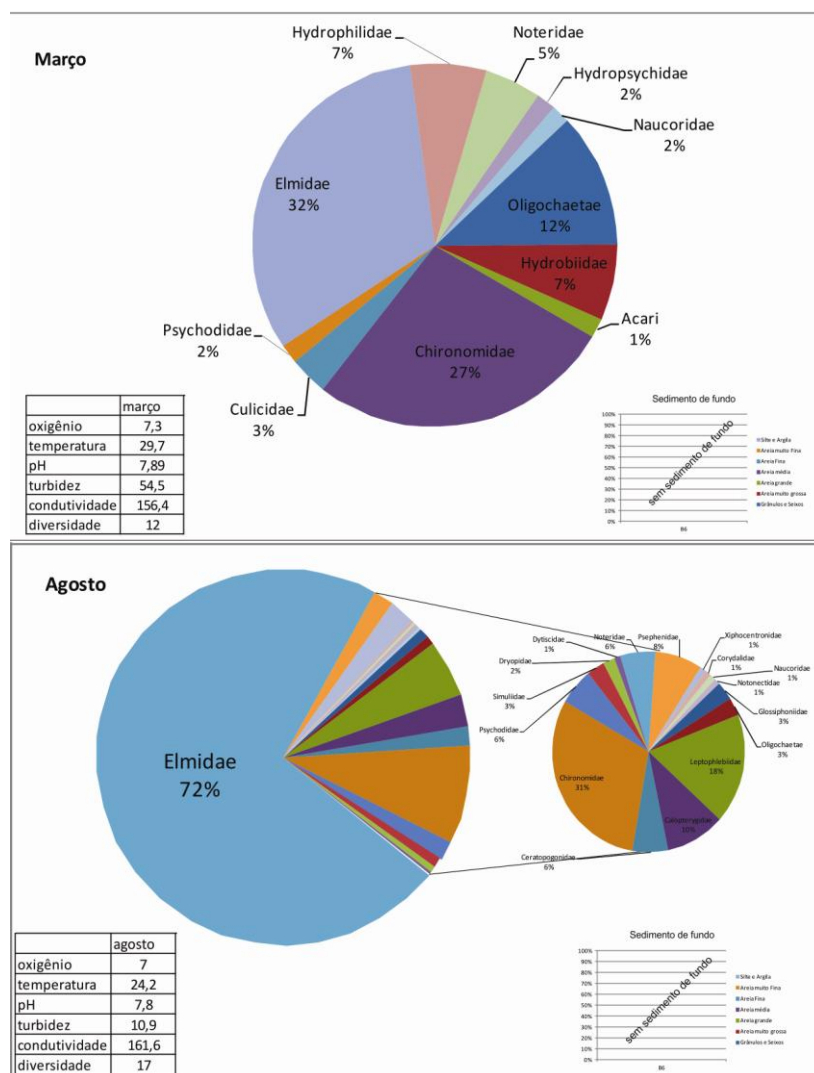
Seção B6

A existência de organismos sensíveis à perturbação orgânica neste ponto, nos meses de março e agosto, demonstra que a influência da área urbana neste trecho do rio

é menor do que nos pontos supracitados. Todavia, o mapa geomorfológico mostra que esta seção recebe águas drenadas de uma pequena área urbana.

Dentro da amostra do mês de março e agosto, a presença da família dos *Elmidae* predominou, sendo que em março o percentual de organismos foi menor do que os encontrados no mês de agosto (figura 35), variação ocorrida pelo crescimento do número de indivíduos que passou dos 58 capturados em março para 264 em agosto.

A presença maciça de indivíduos desta família nesta seção pode estar ligada aos seus hábitos alimentares. Segundo Egler (2002) os *Elmidae* têm como alimento principal filmes de algas e perífiton encontrados em maior quantidade presos as rochas, sedimentos grosseiros e nas macrófitas submersas e com radiação solar que permita seu crescimento. Estas condições permitiram também a proliferação de outras famílias neste ambiente, inclusive famílias de organismos sensíveis a perturbação orgânica.



No mês de março foram capturados 103 organismos, distribuídos em 12 famílias, com diferentes graus de tolerância; famílias muito tolerantes (*Glossiphoniidae*, *Caenidae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*), tolerantes (*Coenagrionidae*, *Gomphidae*, *Noteridae*, *Belostomatidae*) e sensíveis (*Leptohyphidae*, *Leptophlebiidae*, *Calopterygidae*, *Corduliidae*).

Em agosto, houve aumento de famílias e de número de indivíduos, sendo capturados 365 indivíduos distribuídos em: extremamente tolerantes (*Oligochaetae*, *Chironomidae*), muito tolerantes (*Glossiphoniidae*, *Elmidae*), tolerantes (*Psychodidae*, *Simuliidae*, *Simuliidae*, *Noteridae*, *Xiphocentronidae*, *Corydalidae*, *Naucoridae*, *Notonectidae*) e sensíveis (*Leptophlebiidae*, *Calopterygidae*, *Ceratopogonidae*, *Psephenidae*). Havendo maior densidade de organismos da família *Elmidae*.

As seções sete e oito estão localizadas a montante, em área de cabeceira do córrego do Botafogo, sendo a seção sete um canal já de terceira ordem e o ponto oito um canal de segunda ordem.

Seção B7

A seção B7 apresentou no mês de março, período de precipitações elevadas, menor variedade de famílias quando comparado com o mês de agosto (estiagem). Na coleta realizada no mês das chuvas a quantidade de moluscos da família dos *Hydrobiidae* foram superiores as encontradas no mês de agosto. O percentual de organismo nas amostras recuou dos 73% em março, para 12% em agosto. Segundo Esteves, Leal e Callisto (2011) estes organismos normalmente estão associados a macrófitas aquática e substratos como galhos, rochas e folhiços.

Já a ordem dos dípteros tiveram maior diversidade de famílias e representação na amostra do mês de agosto (63%), no qual a família mais representativa foi a *Chironomidae* (42%) e *Ceratopogonidae* (11%) conforme demonstra a figura 37.

A seção B7 apresentou no mês de março uma diversidade baixa, sendo encontradas apenas seis famílias, duas extremamente tolerantes (*Chironomidae*, *Stratiomyidae*), três muito tolerantes (*Hydrobiidae*, *Planorbidae*, *Hydrophilidae*) e uma tolerante (*Belostomatidae*).

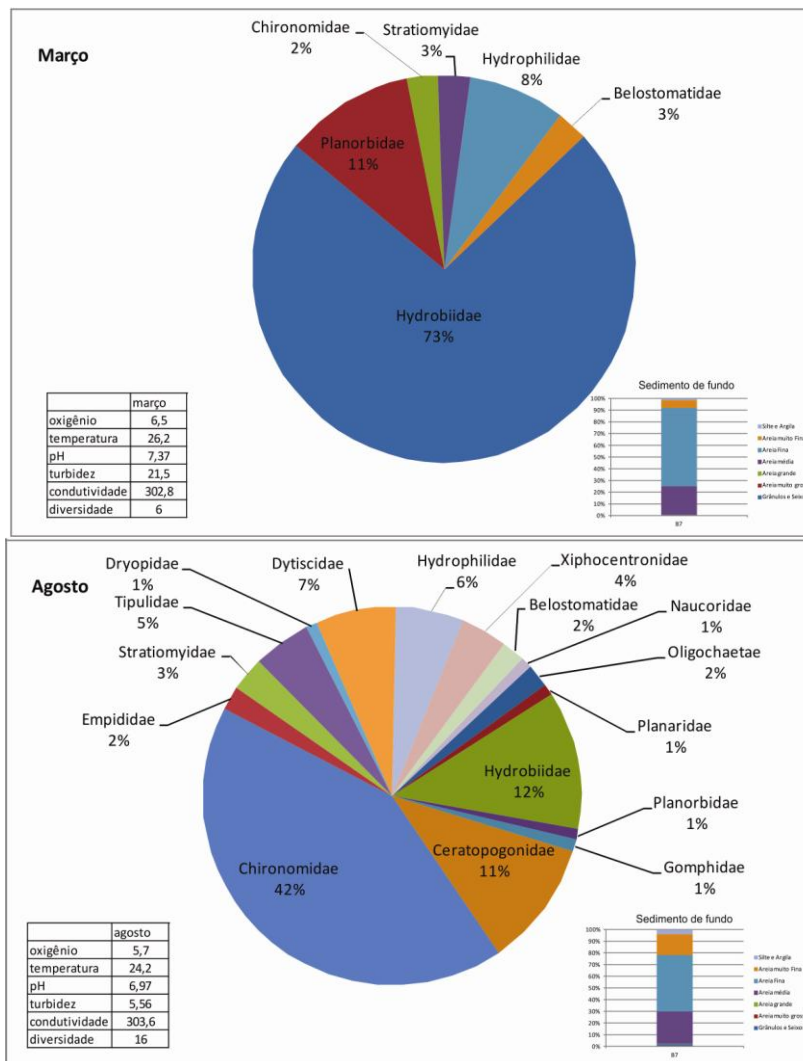


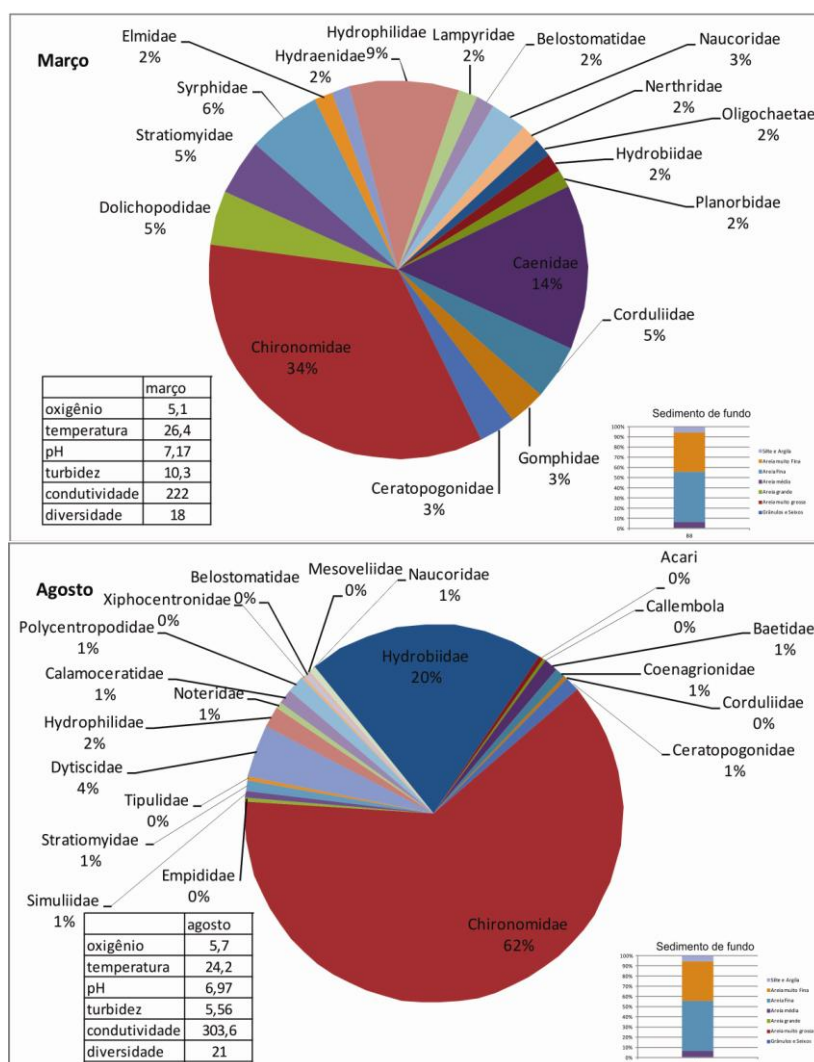
Figura 36. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção B7 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 21/03/2012 e 23/08/2012.

Contudo, no mês de agosto a quantidade de famílias capturadas foi 2,6 vezes maior que a do período de estiagem, todavia, as 16 famílias também estão distribuídas em: extremamente tolerantes (*Oligochaetae*, *Chironomidae*, *Stratiomyidae*), muito tolerantes (*Hydrobiidae*, *Planorbidae*, *Ceratopogonidae*, *Empididae*, *Tipulidae*, *Hydrophilidae*), tolerantes (*Planaridae*, *Gomphidae*, *Dryopidae*, *Dytiscidae*, *Belostomatidae*, *Naucoridae*) e sem informação (*Xiphocentronidae*).

Seção B8

Seção com maior diversidade biológica nas duas coletas, porém, com salto significativo na densidade de organismos no período de estiagem. De modo geral todas

as famílias tiveram aumento na quantidade de indivíduos na seção, sendo muito mais significativa a alteração na densidade dos representantes dos *Chironomidae*.



Assim como as demais seções o oitavo ponto de coleta teve sua variedade de famílias aumentada no período de estiagem. Em março foram coletados 64 indivíduos distribuídos em 17 famílias: extremamente tolerantes (*Oligochaetae*, *Chironomidae*, *Stratiomyidae*, *Syrphidae*), muito tolerantes (*Hydrobiidae*, *Planorbidae*, *Caenidae*, *Ceratopogonidae*, *Dolichopodidae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*), tolerantes (*Gomphidae*, *Hydraenidae*, *Belostomatidae*, *Naucoridae*), sensíveis (*Corduliidae*) e sem informação (*Lampyridae*, *Nerthridae*).

Assim, a coleta do mês de agosto capturou 335 organismos distribuídos em 21 famílias composta por: organismos extremamente tolerantes (*Chironomidae*,

Stratiomyidae), muito tolerantes (*Hydrobiidae*, *Baetidae*, *Ceratopogonidae*, *Empididae*, *Tipulidae*, *Hydrophilidae*, *Mesoveliidae*), tolerantes (*Coenagrionidae*, *Simuliidae*, *Dytiscidae*, *Belostomatidae*, *Naucoridae*), sensíveis (*Corduliidae*, *Polycentropodidae*), muito sensíveis (*Calamoceratidae*) e sem informação (*Acaro*, *Callembola*, *Noteridae*, *Xiphocentronidae*).

Os organismos pertencentes à família *Corduliidae*, segundo a pontuação do BMWP, e a adaptação espanhola de Alba-Tercedor & Sánchez-Ortega (1988) é sensível a perturbação, lhe atribuindo a pontuação 8. Todavia esta família, na bacia em estudo, foi encontrada em pontos que recebem constantemente cargas orgânicas oriundas das residências e vias, nestes pontos também são adicionadas à água diversas de substâncias de origem difusa, principalmente em períodos de chuva (drenagem urbana), quanto pontuais (depósitos tecnogenicos).

Este cenário no faz refletir se esta família não pertenceria a outro tipo de classificação. Os dados demonstram que possivelmente, determinadas espécies, existentes na bacia, toleram um grau de perturbação orgânica maior do que os organismos encontrados no Reino Unido e na Espanha.

As famílias *Canacidae* e *Muscidae*, apesar de não existir pontuação para elas, aparecem nos pontos mais críticos. A seção B4, como já salientado, recebe grande quantidade de carga orgânica e outras substâncias assim como a seção B3 a jusante que recebe as águas deste canal, desta maneira pode-se acreditar que estas famílias são bem tolerantes a perturbação orgânica.

6.1.2 – Análise limnológica do afluente do córrego Embiri

Nesta sub-bacia, afluente do córrego do Embiri, foram selecionadas três seções de coleta de amostras, espalhadas pelo canal principal da bacia em estudo. A primeira localizada a jusante recebeu no código E1, a segunda, E2, no centro do canal e, finalmente, a terceira, E3, localizada na área da nascente.

De modo geral, o número de família teve uma sutil variação, exceto na seção E3 localizada na nascente do canal, esta teve um decréscimo na variedade de família de aproximadamente 35%, enquanto os demais mantiveram constante seu número de famílias. Assim com aumento de uma família na seção E2 e o decréscimo de uma família na seção E1 (figura 38).

Na figura é possível notar as particularidades limnológicas de cada seção, desta maneira, as temperaturas oscilaram entre 27° e 31° graus Celsius nas coletas de março e entre 19° a 28° graus em agosto. Dentro deste universo de dados, as temperaturas se mantiveram constantes apenas na seção E2, local da bacia com maior cobertura florestal em suas margens.

Nas aferições de março, a turbidez da seção E3 foi muito superior a média registrada em todos os pontos. Nesta seção a turbidez chegou a 213 NTU (unidade de turbidez), muito superior a encontrada em qualquer seção de análise, que ficaram inferiores a 50 NTU.

No mês de março a seção E1 também apresentou aumento elevado de sedimentos em suspensão e na velocidade fluvial. Comportamento não condizente com a inclinação do leito relativamente plana e sendo área de deposição (figura 38). A ininterrupta passagem do gado pelo leito do canal contribui para a movimentação e instabilidade dos sedimentos.

Nesta mesma seção da bacia foram registrados os maiores níveis de oxigênio dissolvido no mês de março, mês em que a água apresentou maior oxigenação em todas as seções. Todavia, em agosto houve, da nascente para a foz, uma crescente nos níveis de oxigênio dissolvido no canal ocasionada, possivelmente, pela diminuição na velocidade (figura 38) e, principalmente, pelo aumento na quantidade de matéria orgânica particulada bruta, devido à perda foliar nos meses de menor precipitação da Floresta Estacional Semidecidual.

Por outro lado, a seção E1 não sofreu alterações significativas nas duas coletas. Possivelmente, esta constante pode estar ligada a quantidade de radiação que chega no canal. Por não apresentar floresta ciliar, expondo o leito do canal a esta insolação, propicia o surgimento de inúmeros organismos fotossintetizantes agregados aos sedimentos.

Nesta região da bacia houve, por conta das precipitações de verão (coleta de março), ganho de velocidade, aumento significativo na turbidez e na quantidade de sólidos em suspensão. Contudo, a falta da mata ciliar e de cercas protetoras contribui para este aumento na turbidez e na quantidade de sólidos em suspensão, haja vista que a passagem constante de bovinos e o uso do canal como pastagem provocam a desagregação e movimentação do material sólido decantado.

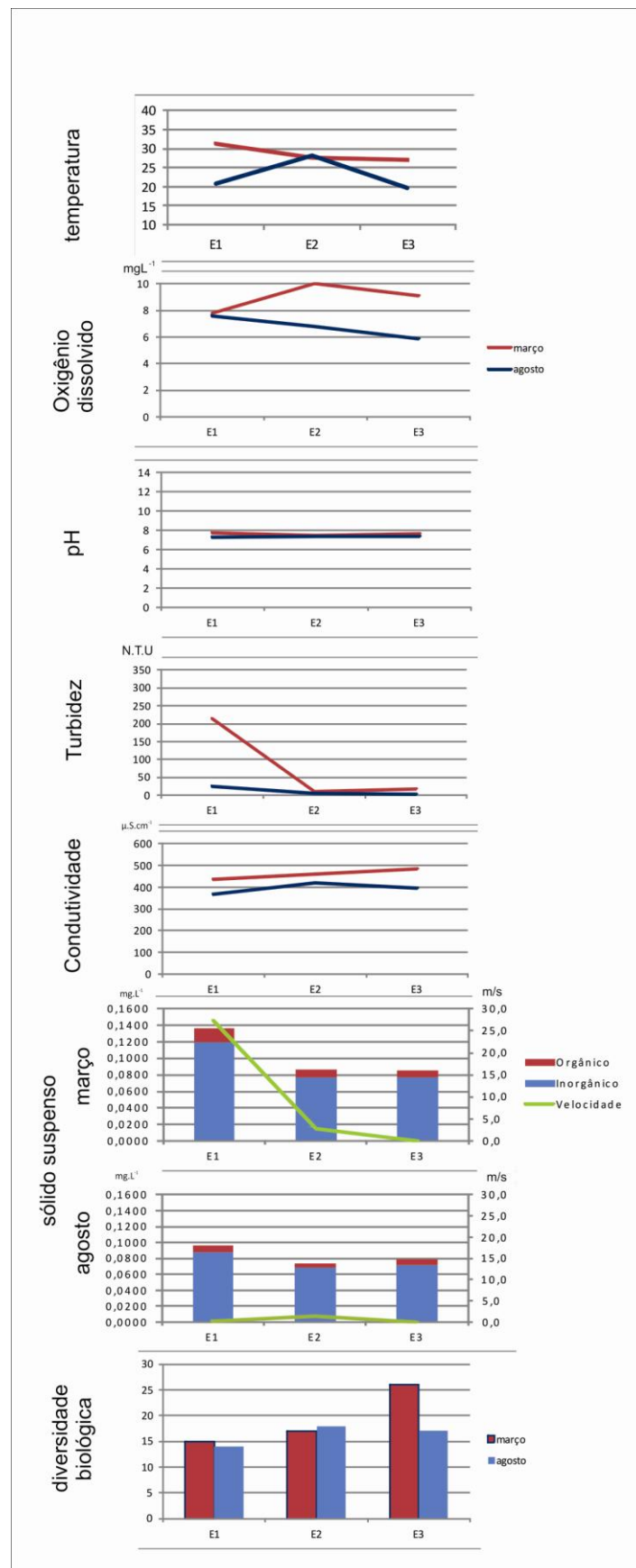


Figura 38. Síntese de gráficos das variáveis limnológicas, coletadas no afluente do córrego do Embiri nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 20/03/2012 e 21/08/2012.

Em toda a bacia, foram capturadas 50 famílias de invertebrados nos meses de março e agosto, sendo os *Elmidae* e *Hydrophilidae* da ordem dos coleópteros e *Ceratopogonidae* e *Chironomidae* da ordem dos dípteros as famílias que foram encontradas em toda a bacia, e, diferentemente no que ocorreu na bacia do córrego do Botafoço, no mês de agosto houve um decréscimo no número de família e na densidade de organismos nos pontos de amostragem, exceto no ponto E 2 onde houve aumento na quantidade de indivíduos, que mais que dobrou a sua densidade no período de estiagem.

Tabela 2: organismos coletados na sub-bacia hidrográfica do córrego do Embiri.

Família	Março			Agosto		
	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3
<i>Glossiphoniidae</i>			10			
<i>Oligochaetae</i>		1	1			
<i>Planariidae</i>						
<i>Acroloxiidae</i>			12			
<i>Physidae</i>	1	1	18			
<i>Planorbidae</i>	5	3	27			13
<i>Valvatidae</i>						3
<i>Mycetopodidae</i>				1		
<i>Callembola</i>	5					
<i>Limnadiidae</i>	2	1	21			
<i>Asellidae</i>						9
<i>Baetidae</i>		3				
<i>Caenidae</i>	43	17	13			
<i>Aeshnidae</i>			1			
<i>Calopterygidae</i>		1			2	
<i>Coenagrionidae</i>			3	1	3	
<i>Corduliidae</i>	3	1	23		2	
<i>Gomphidae</i>	4	14	1	2		
<i>Lestidae</i>						5
<i>Libellulidae</i>	1					
<i>Ceratopogonidae</i>		1	35	6	6	1
<i>Chironomidae</i>	1	24	38	9	64	31
<i>Culicidae</i>			1		1	2
<i>Dolichopodidae</i>			1			
<i>Empididae</i>				12	14	
<i>Ephydriidae</i>				1		
<i>Psychodidae</i>			1			
<i>Simuliidae</i>					35	
<i>Stratiomyidae</i>	3		9	1		3
<i>Tipulidae</i>		5				
<i>Perlidae</i>						2
<i>Dryopidae</i>	1		2	9	1	1
<i>Dytiscidae</i>			1		1	20
<i>Elmidae</i>	19	4	4	5	28	2
<i>Hydrophilidae</i>	8	4	42	10	8	53

Família	Março			Agosto		
	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3
<i>Lamproyidae</i>			1			
<i>Lutrochidae</i>			4			
<i>Noteridae</i>			3			
<i>Ptilocactylidae</i>						1
<i>Scirtidae</i>						4
<i>Staphylinidae</i>						1
<i>Ecnomidae</i>			1			
<i>Hidrobiosidae</i>				5		
<i>Hydropsychidae</i>					13	
<i>Xiphocentronidae</i>	1	4	1		1	3
<i>Belostomatidae</i>		1			1	
<i>Naucoridae</i>				1	4	
<i>Nerthridae</i>	1			1	1	
<i>Notonectidae</i>					2	
TOTAL	98	90	274	64	187	154

Fonte: coleta *in loco* realizada nos meses de março e agosto.

SEÇÃO E1

A seção que apresentou a menor diversidade de organismos de toda a bacia. Na coleta de março, 98 organismos distribuídos em 15 famílias apresentaram o seguinte agrupamento: extremamente tolerantes (*Chironomidae*, *Stratiomyidae*), muito tolerantes (*Physidae*, *Planorbidae*, *Caenidae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*), tolerantes (*Gomphidae*, *Libellulidae*, *Dryopidae*), sensíveis (*Corduliidae*) e sem informação (*Callembola*, *Limnadiidae*, *Xiphocentronidae*, *Nerthridae*). Todavia, assim como ocorreu no córrego do Botafogo a família dos *Corduliidae* são os únicos organismos sensíveis, segundo a pontuação internacional, que aparecem no ponto E1.

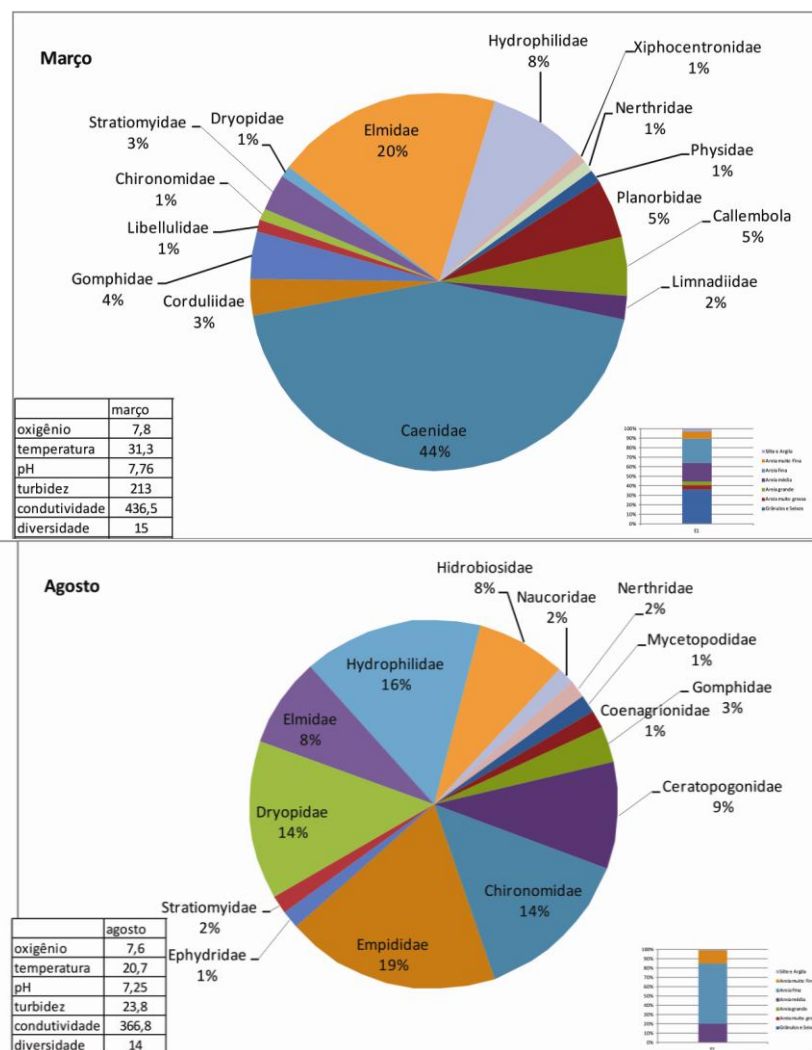
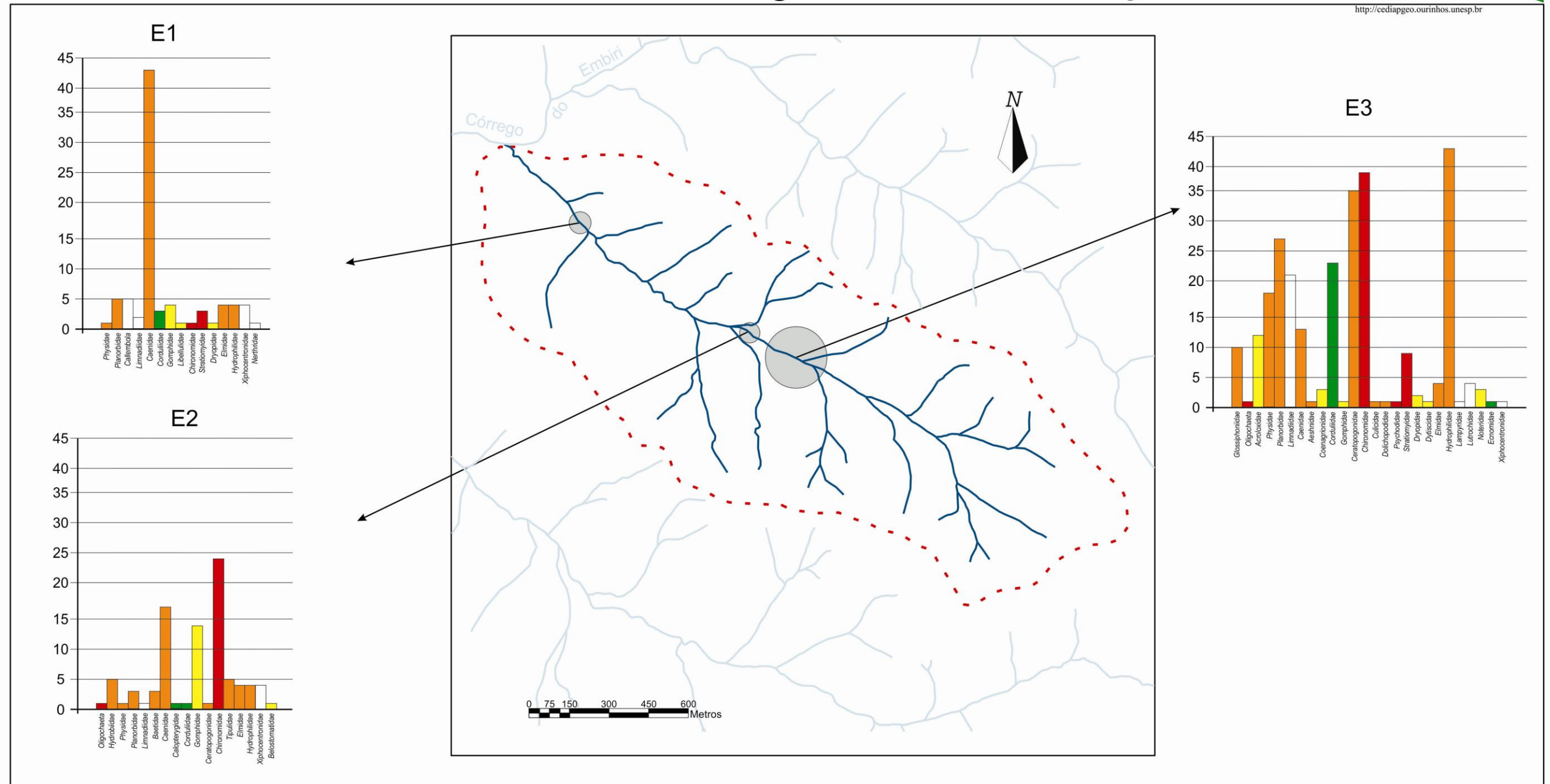


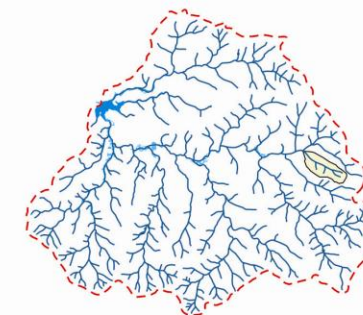
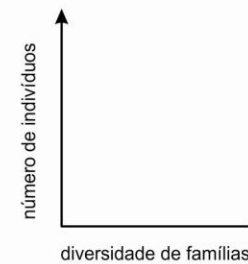
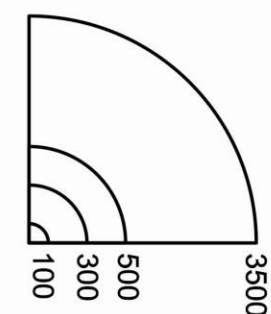
Figura 39. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção E1 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 20/03/2012 e 21/08/2012.

Na coleta do mês de agosto, ocorreu uma queda pouco significativa na quantidade de famílias: 3 extremamente tolerantes (*Chironomidae*, *Ephydriidae*, *Stratiomyidae*), 4 muito tolerantes (*Ceratopogonidae*, *Empididae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*), 4 tolerantes (*Coenagrionidae*, *Gomphidae*, *Dryopidae*, *Naucoridae*), 1 sensível (*Hidrobiosidae*) e 2 sem informação (*Mycetopodidae*, *Nerthridae*), totalizando 14 famílias capturadas, todavia, a quantidade de organismos decaiu para 64 indivíduos coletados

Sub-bacia do córrego do Embiri Diversidade Biológica Coleta de março



Densidade de organismos



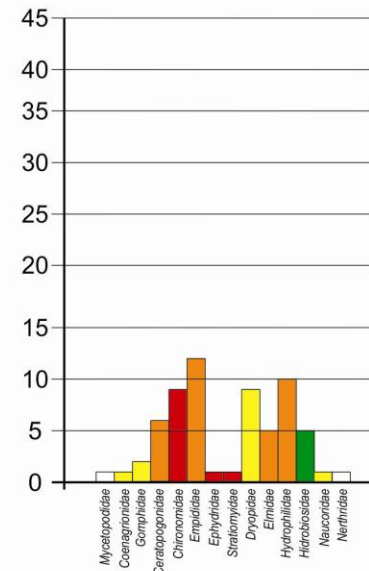
Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S
Mapa 13

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Piroli

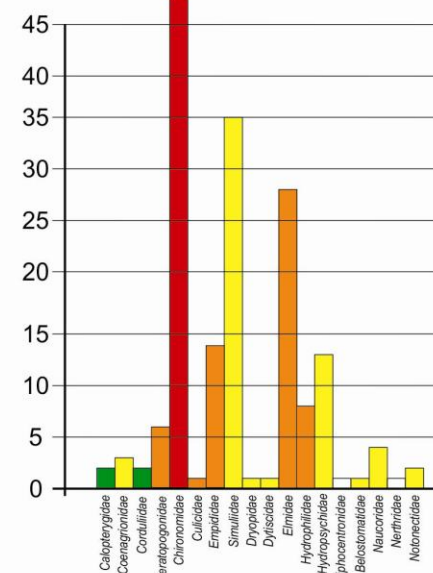
Apoio:
GAAD S
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

Sub-bacia do córrego do Embiri Diversidade Biológica Coleta de agosto

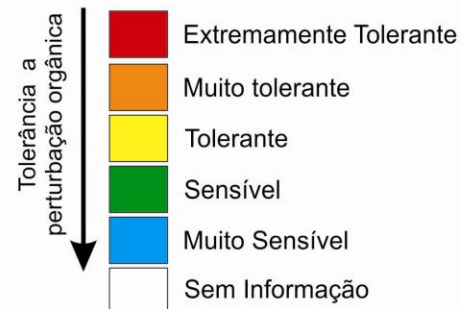
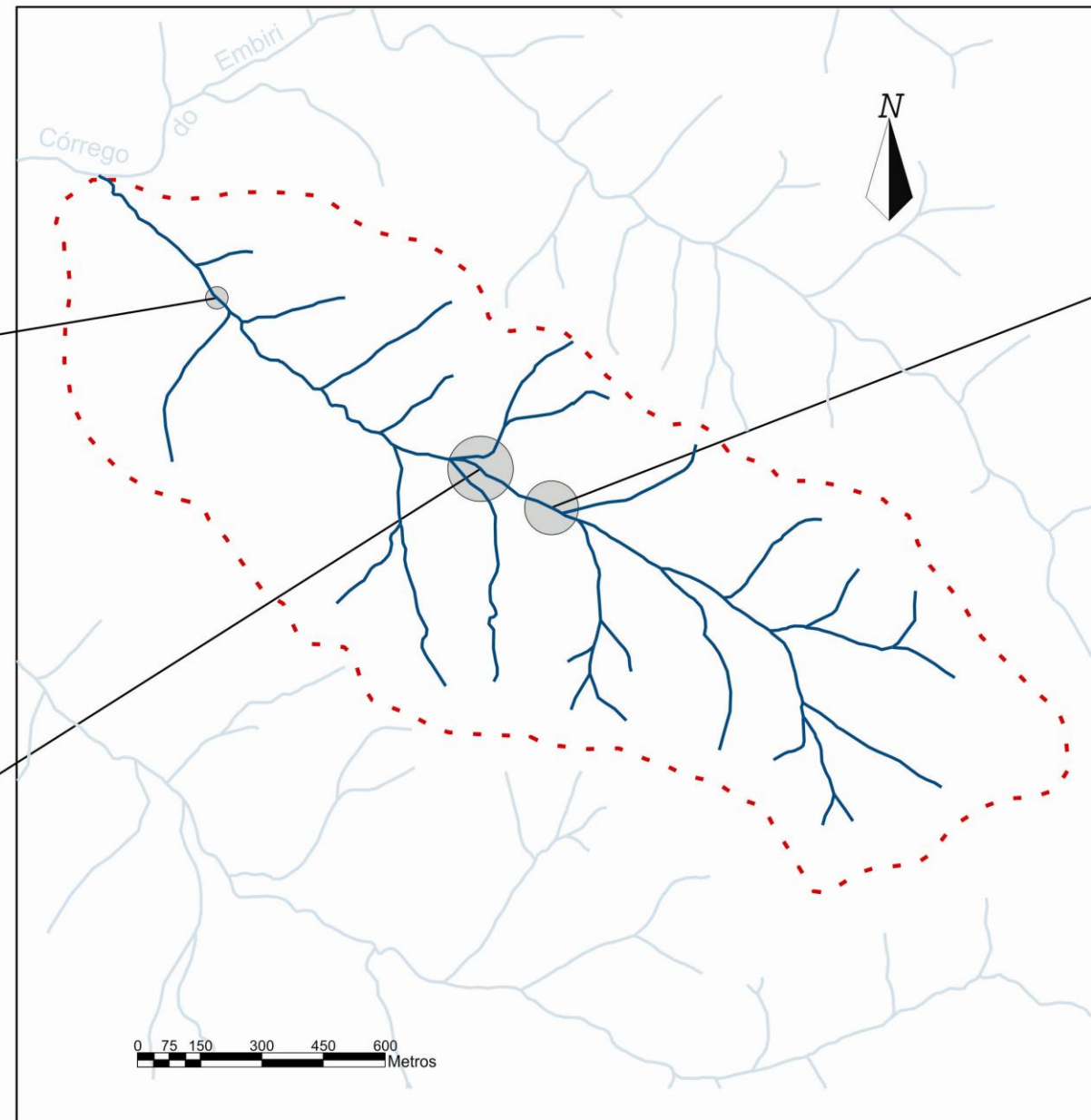
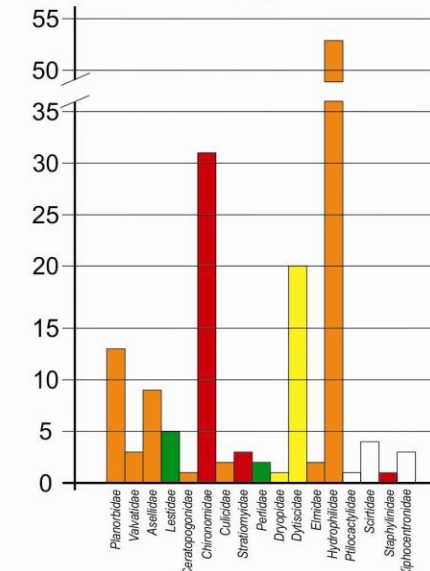
E1



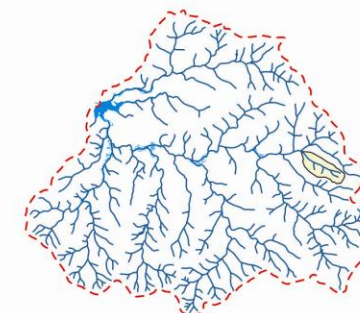
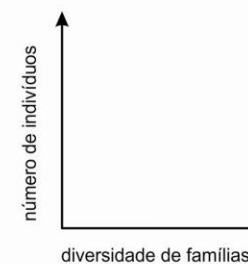
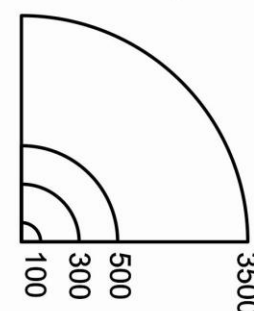
E2



E3



Densidade de organismos



Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

Mapa 14

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Piroli

Apoio:



SEÇÃO E2

A seção E2 localizada na parte mais central do canal teve em sua diversidade biológica um leve aumento, do mês de março; onde foram capturadas 17 famílias divididas em: extremamente tolerantes (*Oligochaetae*, *Chironomidae*), muito tolerantes (*Hydrobiidae*, *Physidae*, *Planorbidae*, *Baetidae*, *Caenidae*, *Ceratopogonidae*, *Tipulidae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*), tolerantes (*Gomphidae*, *Belostomatidae*), sensíveis (*Calopterygidae*, *Corduliidae*) e sem informação (*Limnadiidae*, *Xiphocentronidae*), comparado ao mês de agosto; onde foram identificados 18 famílias na amostra: extremamente tolerante (*Chironomidae*), muito tolerantes (*Ceratopogonidae*, *Culicidae*, *Empididae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*), tolerantes (*Coenagrionidae*, *Simuliidae*, *Dryopidae*, *Dytiscidae*, *Belostomatidae*, *Naucoridae*, *Notonectidae*, *Hydropsychidae*), sensíveis (*Calopterygidae*, *Corduliidae*) e sem informação (*Xiphocentronidae*, *Nerthridae*).

Esta seção apresentou, diferentemente dos demais, um aumento da densidade de indivíduos capturados no período de estiagem: em março foram capturados 90 indivíduos, já no mês de agosto houve um aumento de mais de 100 % (cem por cento) no total de indivíduos.

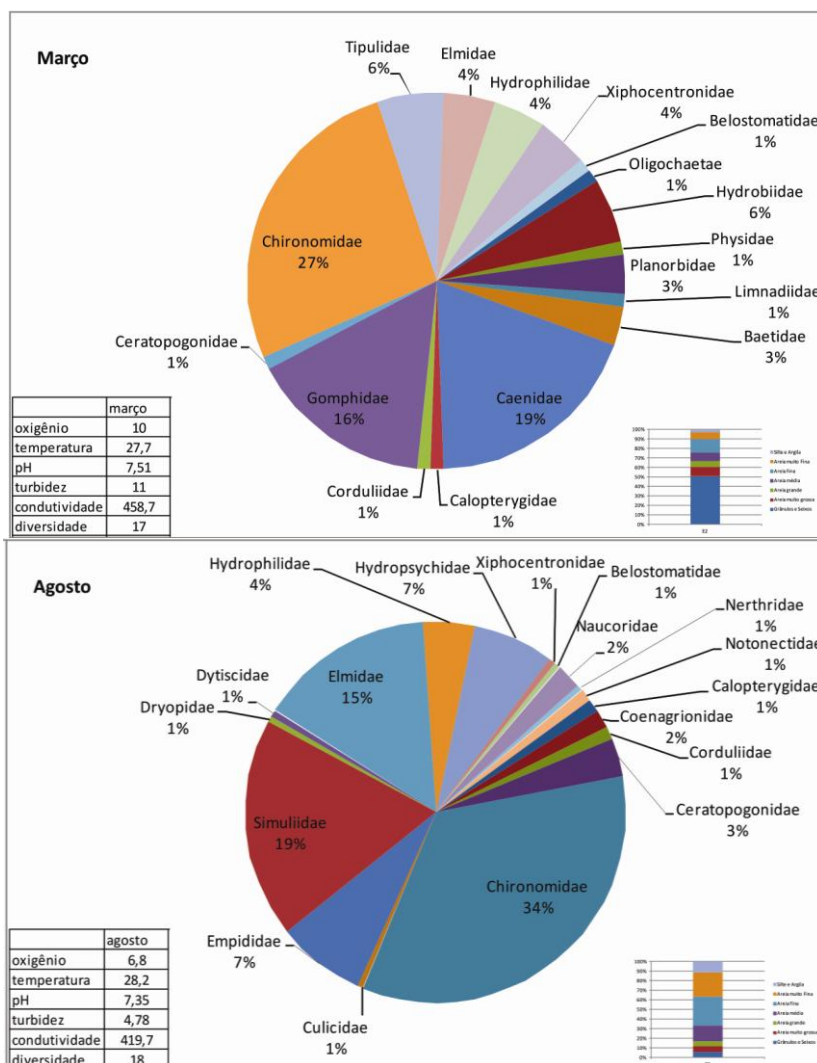


Figura 40. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção E2 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 20/03/2012 e 21/08/2012.

SEÇÃO E3

Assim como as demais seções da bacia, na sub-bacia do córrego do Embiri foi registrado um maior número de famílias, desta forma, este ponto foi o que teve o maior decréscimo de março para agosto, tendo a quantidade de indivíduos uma diminuição de 43 % no período de estiagem.

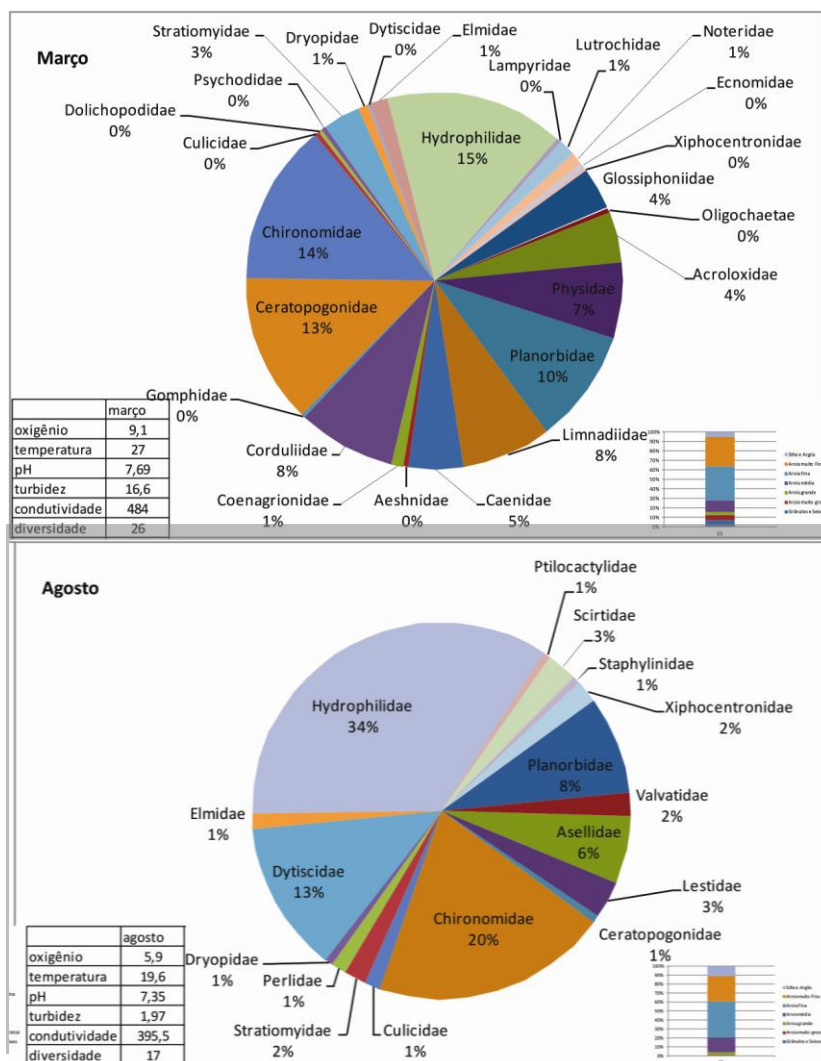


Figura 41. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção E3 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 20/03/2012 e 21/08/2012.

A população de indivíduos coletados no mês de março estava composta por: extremamente tolerantes (*Oligochaetae*, *Chironomidae*, *Psychodidae*, *Stratiomyidae*), muito tolerantes (*Glossiphoniidae*, *Physidae*, *Planorbidae*, *Caenidae*, *Aeshnidae*, *Ceratopogonidae*, *Culicidae*, *Dolichopodidae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*), tolerantes (*Acroloxidae*, *Coenagrionidae*, *Gomphidae*, *Dryopidae*, *Dytiscidae*, *Noteridae*), sensíveis (*Corduliidae*, *Ecnomidae*) e sem informação (*Limnadiidae*, *Lampyridae*, *Lutrochidae*, *Xiphocentronidae*). Já no mês de agosto foram registradas as seguintes famílias: extremamente tolerantes (*Chironomidae*, *Stratiomyidae*, *Staphylinidae*), muito tolerantes (*Planorbidae*, *Valvatidae*, *Asellidae*, *Ceratopogonidae*, *Culicidae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*), tolerantes (*Dryopidae*, *Dytiscidae*), sensíveis (*Lestidae*, *Perlidae*) e sem informação (*Ptilocactylidae*, *Scirtidae*, *Xiphocentronidae*).

6.1.3 – Análise limnológica do afluyente do córrego do Lajeado

Afluyente do córrego do Lajeado: esta sub-bacia apresenta peculiaridades importantes, não só pelo seu uso da terra diferenciado, mas também por apresentar uma mata relativamente preservada; a qual ainda não sofreu corte raso e possui demarcada a área de preservação permanente (APP) e protegidas com cercas eletrificadas. Todavia, como já discutido no capítulo anterior, esta área é utilizada para a pastagem de bovinos. Com isso, acabam por apresentar variedades de ambientes com características impares.

Dentro da bacia os canais apresentaram dois tipos de comportamento, as primeiras seções L1 e L2, apresentaram aumento da densidade de organismos de março para agosto, já as seções L3 e L4, nos mesmos períodos, tiveram decréscimo na densidade de organismos dentro do canal. Contudo, a diversidade de organismo diminuiu, no período de estiagem, em todos os pontos coletados.

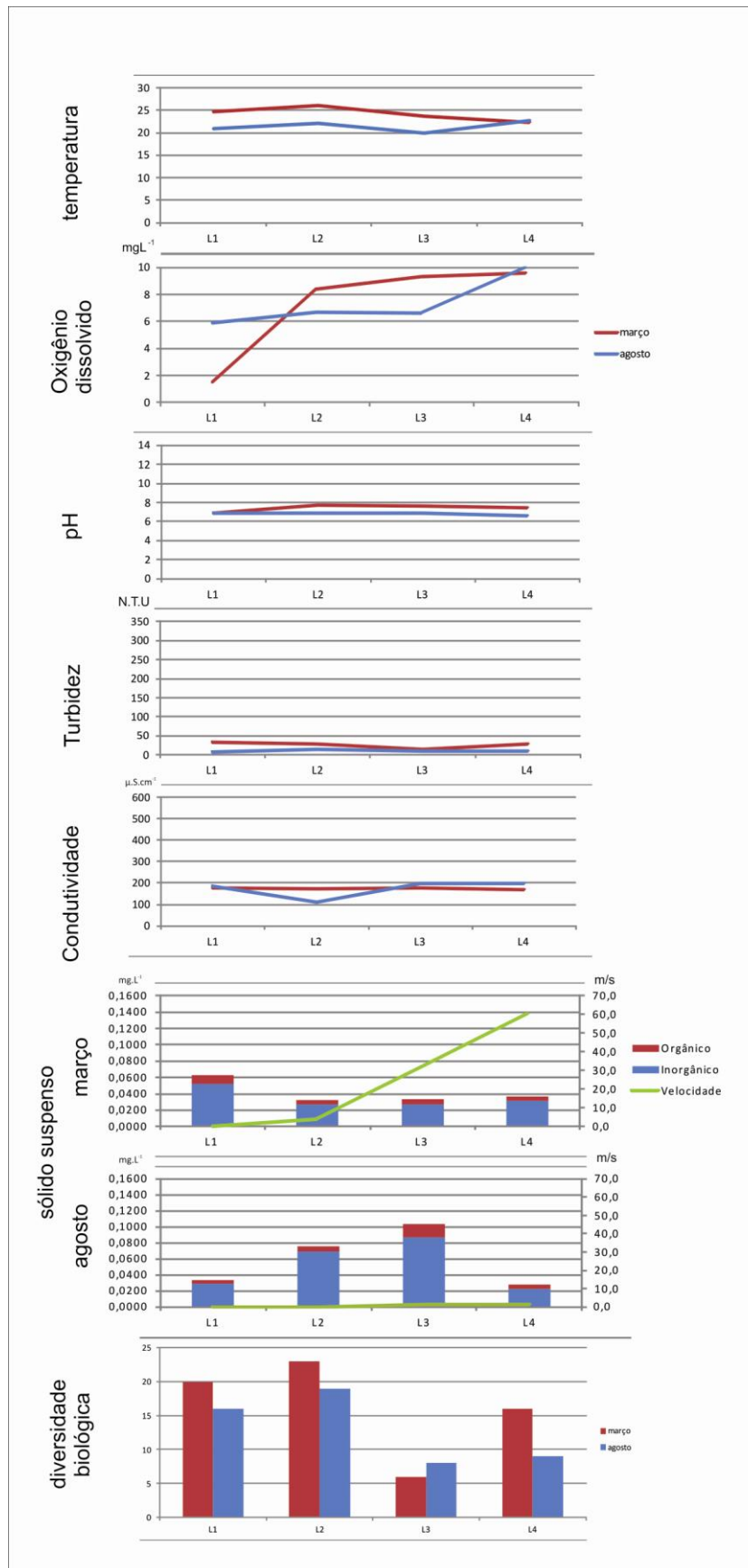


Figura 42. Síntese de gráficos das variáveis limnológicas, coletadas no afluente do córrego do Lajeado nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 19/03/2012 e 19/08/2012

Tabela 3: organismos coletados na sub-bacia hidrográfica do córrego do Lajeado.

Família	Março				Agosto			
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
<i>Glossiphoniidae</i>	4	11			161	2		2
<i>Oligochaetae</i>		1			9	1		2
<i>Hydrobiidae</i>	1	4	99	30				4
<i>Physidae</i>	7	2						
<i>Planorbidae</i>	36	1		1	12			
<i>Valvatidae</i>					1			
<i>Viviparidae</i>	2							
<i>Mycetopodidae</i>					1			
<i>Acari</i>	1				7	1		
<i>Callembola</i>	5							
<i>Trichodactylidae</i>		2				1		1
<i>Baetidae</i>						4		
<i>Caenidae</i>		3	2	11			1	
<i>Ephemeridae</i>							1	
<i>Leptohyphidae</i>			1					
<i>Leptophlebiidae</i>						4	1	
<i>Oligoneuriidae</i>			1					
<i>Aeshnidae</i>		1						
<i>Calopterygidae</i>				1	4	2		
<i>Coenagrionidae</i>		1		3				
<i>Corduliidae</i>					11			
<i>Gomphidae</i>		6	11		1	3		
<i>Libellulidae</i>		3						
<i>Ceratopogonidae</i>	2	7		2		1		8
<i>Chironomidae</i>	6	4	8	21		125	17	
<i>Culicidae</i>	1							
<i>Dixidae</i>						3		
<i>Dolichopodidae</i>	1	1						
<i>Empididae</i>	1	7				1		2
<i>Muscidae</i>					4			
<i>Psychodidae</i>		2				1		
<i>Simuliidae</i>					5			2
<i>Syrphidae</i>	1					1	3	
<i>Tabanidae</i>		3						
<i>Tipulidae</i>						4		
<i>Perlidae</i>		3		1				
<i>Dryopidae</i>		1				1		
<i>Dytiscidae</i>	30							
<i>Elmidae</i>	2	69		4	6	7	13	38
<i>Hydrophilidae</i>					1	3	1	
<i>Noteridae</i>	21				3			
<i>Staphylinidae</i>	1			1				

Família	Março				Agosto			
	L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4
<i>Calamoceratidae</i>				6				
<i>Heliocopsychidae</i>							2	3
<i>Hydropsychidae</i>					1			
<i>Hydroptilidae</i>				2				
<i>Odontoceridae</i>				1				
<i>Polycentropodidae</i>		1						
<i>Xiphocentronidae</i>						1		
<i>Belostomatidae</i>	2	1		1				
<i>Hebridae</i>	4							
<i>Naucoridae</i>	4	2		1	3			
<i>Nerthridae</i>				1				
Total	132	136	122	87	230	166	39	62

Fonte: coleta *in loco* realizada nos meses de março e agosto.

SEÇÃO L1

Dentro da bacia é a seção mais a jusante, recebe água de todas as seções coletadas. Sua morfologia permite que sedimentos sejam depositados dentro e nas laterais do canal, formando desta forma pequena planície fluvial com águas com pouca velocidade. Como já supracitado no capítulo anterior suas margens não apresentam vegetação florestal e, desta maneira, o canal está coberto por vegetação rasteira desacelerando do fluxo natural da água e retendo grande quantidade de partículas sólidas e material orgânico.

Estas condições favorecem o surgimento de inúmeras famílias de macroinvertebrados bentônicos, devido ao crescimento de macrófitas aquáticas que cria um ambiente seguro contra peixes predadores, além de favorecer a sedimentação dos materiais particulados transportados pelo canal que, por sua vez, também serve como abrigo e esconderijo para diversos organismos.

Como é possível verificar na figura 43, mesmo o ambiente pouco oxigenado e levemente ácido, a diversidade de famílias é muito grande, sendo encontrado no material amostral de março 33% de organismos do filo dos moluscos (*Hydrobiidae*, *Plysidae*, *Planorbidae* e *Viviparidae*), sendo encontrado também 3% de organismos anelídeos sangue suga (*Glossiphoniidae*).

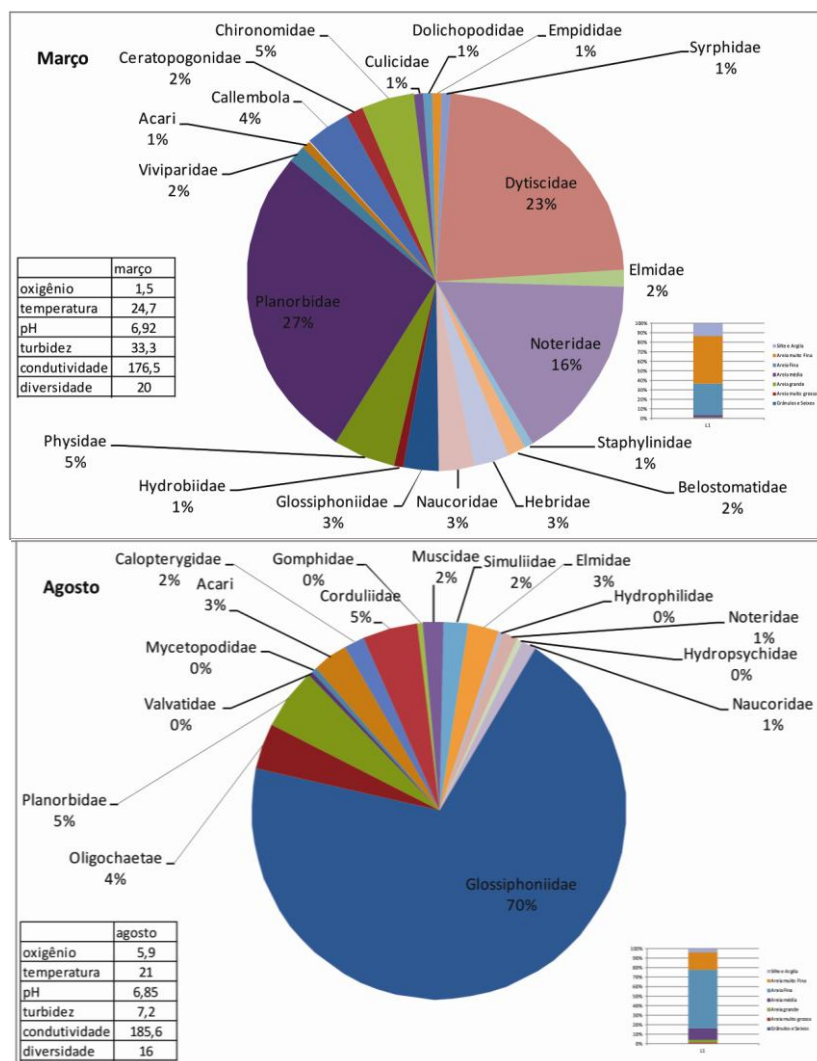


Figura 43. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção L1 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 19/03/2012 e 19/08/2012.

Contudo, no mês de agosto as condições ambientais favoreceram a proliferação destes organismos sanguessugas, desta maneira, a amostra apresentou 70% de indivíduos pertencentes à família dos *Glossiphoniidae*. Este aumento percentual na amostra coletada no período de estiagem é acompanhada pelo aumento de sua população de 4 indivíduos encontrados em março para 161 no mês de agosto, 40 vezes maior da registrada no período de chuvas (tabela 3 e mapas 15 e 16).

Em março foram coletados 132 organismos de 20 famílias diferentes, distribuídas entre: extremamente tolerantes (*Chironomidae*, *Syrphidae*, *Staphylinidae*), muito tolerantes (*Glossiphoniidae*, *Hydrobiidae*, *Physidae*, *Planorbidae*, *Ceratopogonidae*, *Culicidae*, *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Elmidae*), tolerantes (*Dytiscidae*, *Noteridae*, *Belostomatidae*, *Naucoridae*), sensíveis (*Viviparidae*, *Hebridae*) e sem informação (*Acario*, *Collembola*).

Em agosto o número de indivíduos subiu para 230 indivíduos distribuídos em 16 famílias: extremamente tolerantes (*Oligochaetae*), muito tolerantes (*Glossiphoniidae*, *Planorbidae*, *Valvatidae*, *Elmidae*, *Hydrophilidae*), tolerantes (*Gomphidae*, *Simuliidae*, *Noteridae*, *Hydropsychidae*, *Naucoridae*), sensíveis (*Calopterygidae*, *Corduliidae*) e sem informação (*Mycetopodidae*, *Acaro*, *Muscidae*).

SEÇÃO L2

Está área da bacia apresenta características de ambientes de borda de floresta, região de transição entre ambiente florestal e ambiente de pastagem. Diferentemente da primeira seção o fluxo de água não é interrompido pela vegetação rasteira, mas a velocidade do fluxo já permite a sedimentação de material fino (areia fina e silte).

Na coleta de março foram identificadas 23 famílias: extremamente tolerantes (*Oligochaetae*, *Chironomidae*, *Psychodidae*), muito tolerantes (*Glossiphoniidae*, *Hydrobiidae*, *Physidae*, *Planorbidae*, *Caenidae*, *Ceratopogonidae*, *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Tabanidae*, *Elmidae*), tolerantes (*Coenagrionidae*, *Gomphidae*, *Libellulidae*, *Dryopidae*, *Belostomatidae*, *Naucoridae*), sensíveis (*Aeshnidae*, *Perlidae*, *Polycentropodidae*) e sem informação (*Trichodactylidae*).

A coleta de agosto teve uma redução nesta diversidade de famílias sendo identificadas apenas 19 famílias: extremamente tolerantes (*Oligochaetae*, *Chironomidae*, *Psychodidae*, *Syrphidae*), muito tolerantes (*Glossiphoniidae*, *Baetidae*, *Ceratopogonidae*, *Empididae*, *Tipulidae*, *Elmidae*), tolerantes (*Gomphidae*, *Dryopidae*), sensíveis (*Leptophlebiidae*, *Calopterygidae*, *Dixidae*) e sem informação (*Acaro*, *Trichodactylidae*, *Xiphocentronidae*).

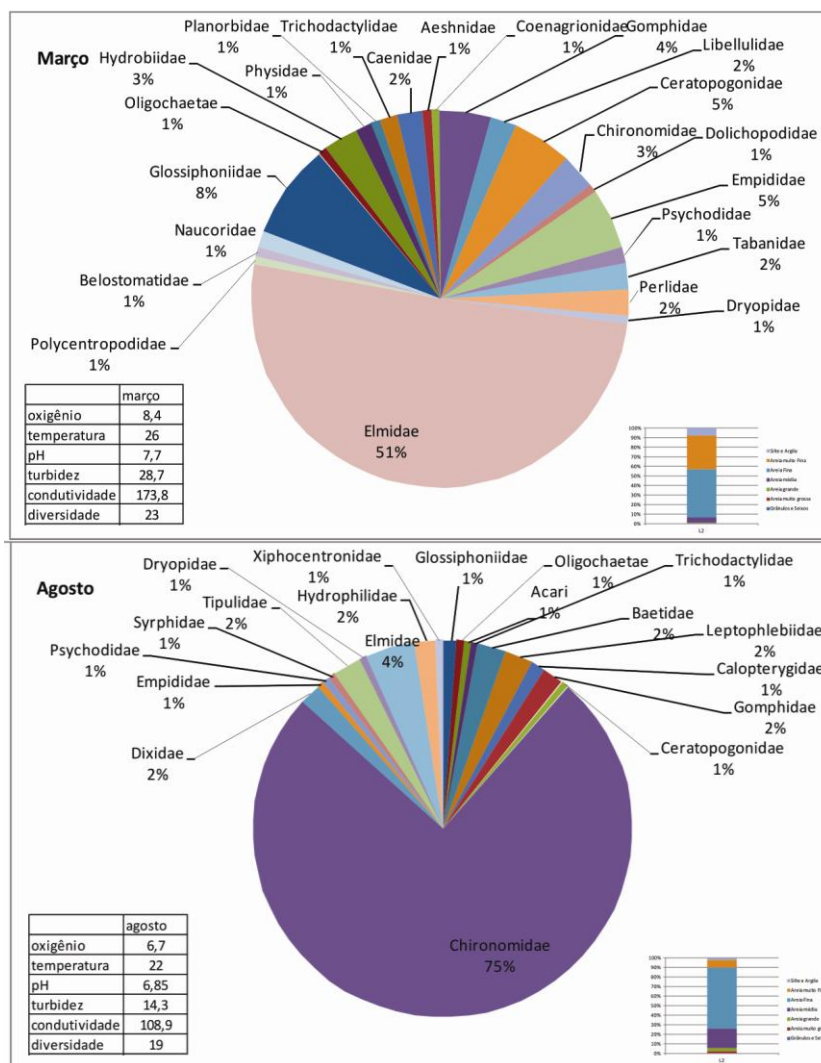
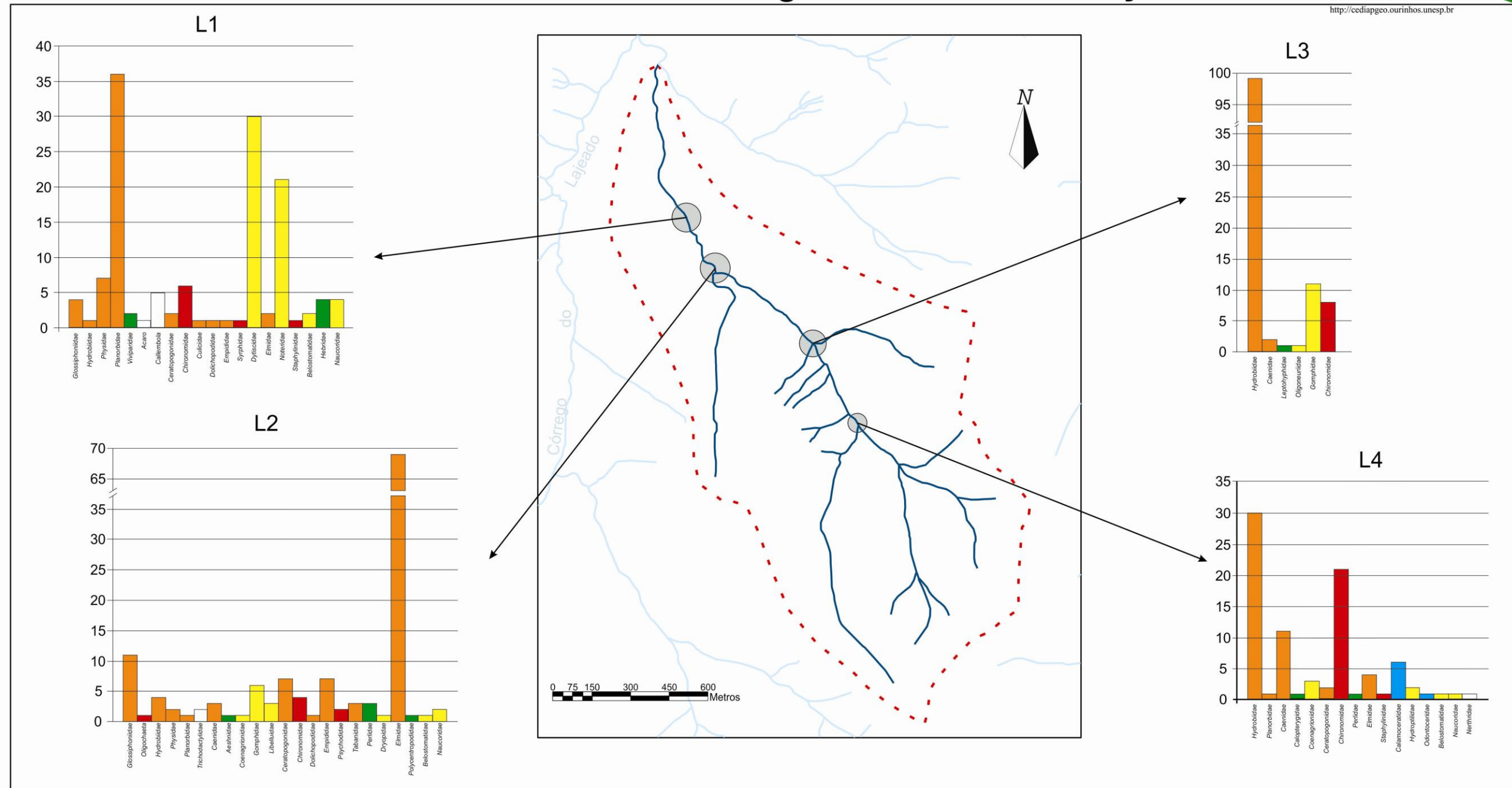


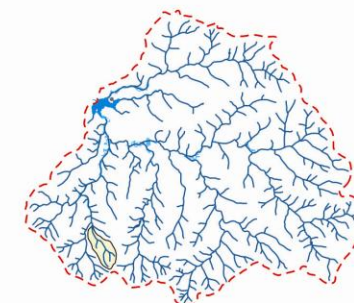
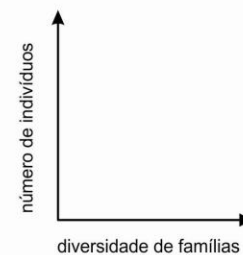
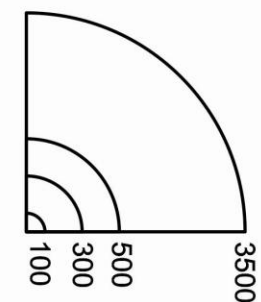
Figura 44. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção L2 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 19/03/2012 e 19/08/2012.

Apesar da queda de diversidade, a seção apresentou aumento na densidade de organismos no período de estiagem. Em março (período de vazante) foram capturados 136 organismos; sendo cinquenta e um por cento da amostra *Elmidae*. Em agosto, período de estiagem, esta quantidade sobe para 166 indivíduos amostrados, sendo a família dos *Chironominae* os mais frequentes na amostra, responsáveis por setenta e cinco por cento do total.

Sub-bacia do córrego do Lajeado Diversidade Biológica Coleta de março



Densidade de organismos



Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

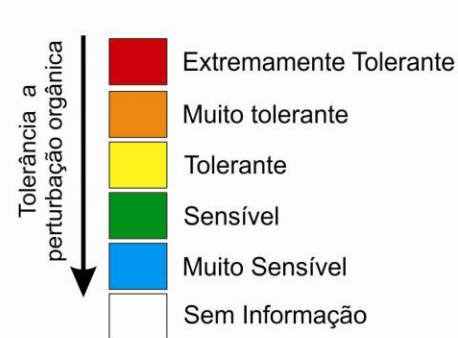
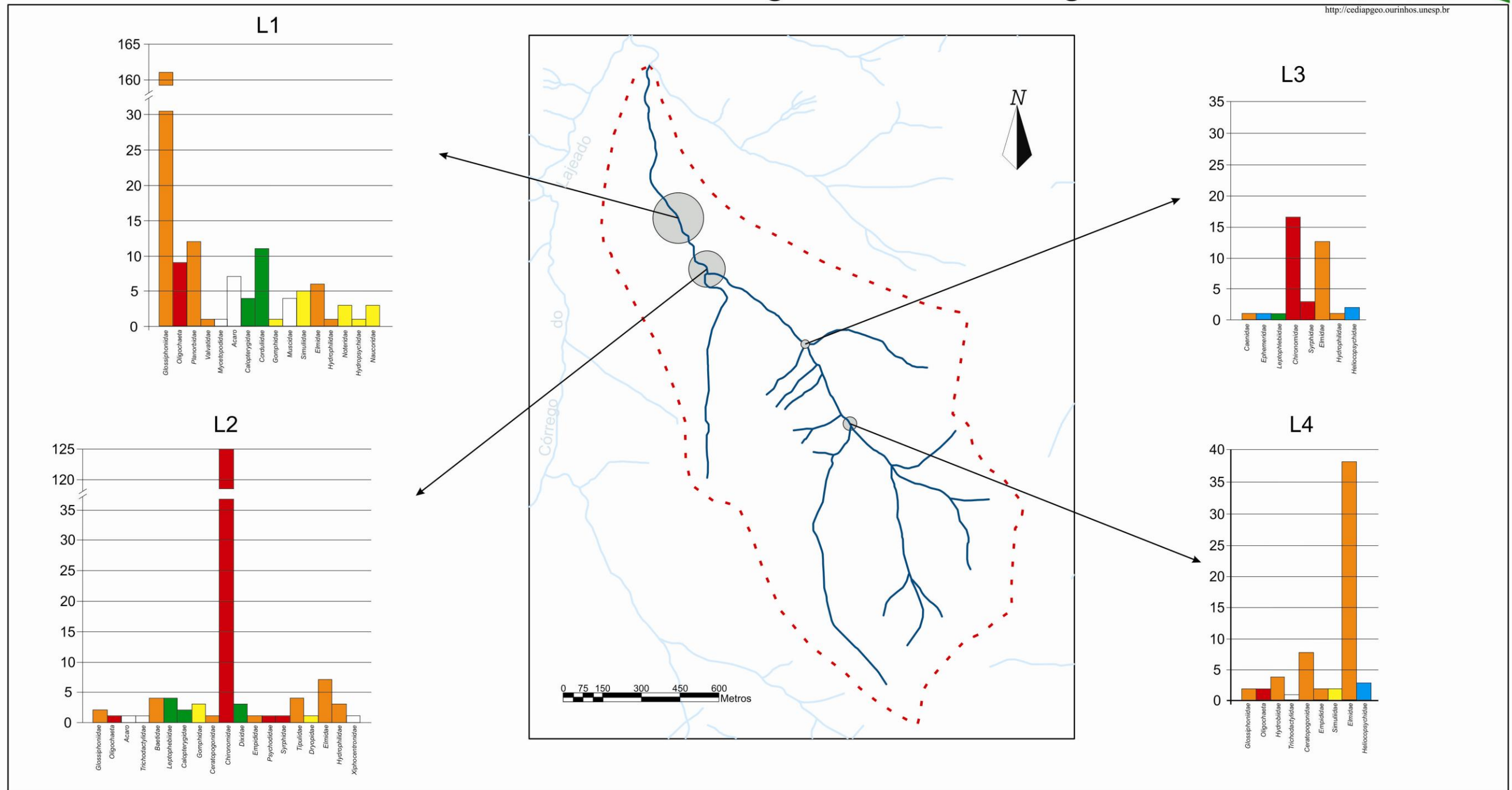
Mapa 15

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Piroli

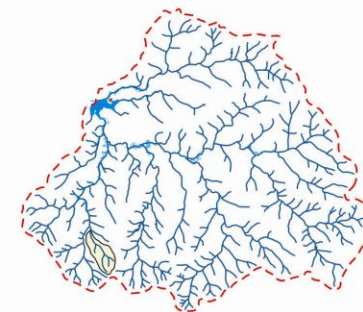
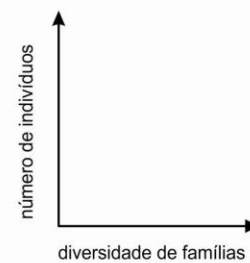
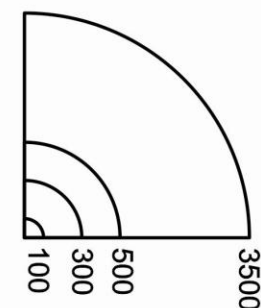
Apoio:
GAADS
Gestão Ambiental e Dinâmica Socioespacial

Sub-bacia do córrego do Lajeado

Diversidade Biológica Coleta de agosto



Densidade de organismos



Sistema de coordenadas:
Datum: South American 1969 (SAD 19 69)
Projeção: Universal Transversa Mercator (UTM)
Zona 22 S

Mapa 16

Elaboração:
Rubens de Jesus Matos
Orientação:
Edson Luís Piroli

Apoio:



SEÇÃO L3

Seção relativamente com baixa diversidade biológica em ambos os períodos de coleta. Todavia, apresentaram em ambas as coletas organismos sensíveis à perturbação orgânica e, no período de estiagem, organismos muito sensíveis. Outra particularidade desta seção está na diminuição no número de indivíduos em período em que a apresentou maior aumento no número de famílias capturadas.

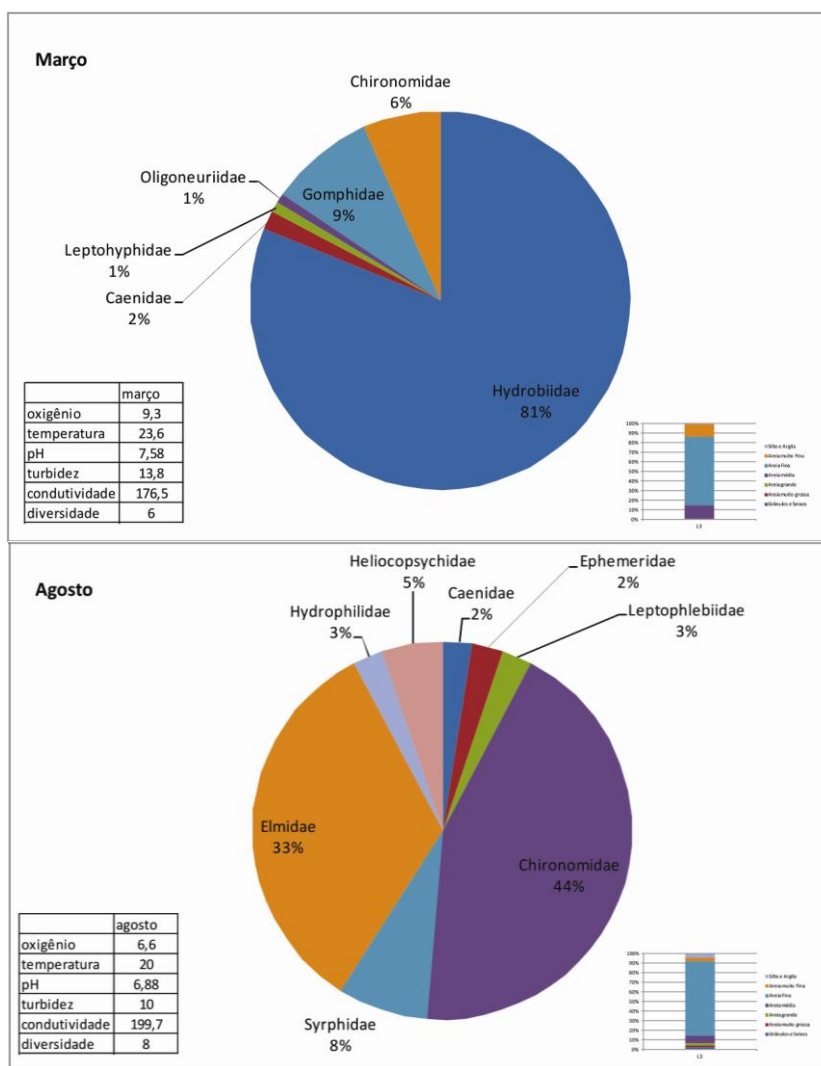


Figura 45. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção L3 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 19/03/2012 e 19/08/2012.

O ambiente propiciou o surgimento de famílias *Hidrobiidae* por apresentar em seu leito, além de sedimentos compostos de areia fina a muito fina, grande quantidade de matéria orgânica de tamanhos grandes tais como, troncos, folhas e frutos. Estas

condições contribuem para a oferta de alimento destes organismos, além de favorecer o predomínio famílias de *Chironomidae* no mês de agosto.

Na coleta de março, período de cheias, foram capturados 122 organismos, dos quais o mais frequente foi a família dos *Hydrobiidae* com 99 indivíduos (oitenta e um por cento) presentes na amostra. O total de organismos estão distribuídos em seis famílias: extremamente tolerantes (*Chironomidae*), muito tolerantes (*Hydrobiidae*, *Caenidae*), tolerantes (*Oligoneuriidae*, *Gomphidae*) e sensíveis (*Leptohyphidae*).

No período de estiagem foram capturados 39 organismos distribuídos em oito famílias: extremamente tolerantes (*Chironomidae*, *Syrphidae*), muito tolerantes (*Caenidae*, *Elmidae*), sensíveis (*Leptophlebiidae*) e muito sensíveis (*Ephemeridae*, *Heliocopsychidae*).

SEÇÃO L4

Seção, localizada mais a montante do canal principal, apresentou uma variação na quantidade e qualidade de famílias capturadas. Em agosto observou uma queda considerável no número de famílias, quarenta e quatro por cento, no período de estiagem. Neste período, na mesma coleta, não foi registrada a presença de famílias sensíveis à perturbação orgânica.

Assim, foram coletados no mês de março 87 organismos distribuídos em 16 famílias: extremamente tolerantes (*Chironomidae*, *Staphylinidae*), muito tolerantes (*Hydrobiidae*, *Planorbidae*, *Caenidae*, *Ceratopogonidae*, *Elmidae*), tolerantes (*Coenagrionidae*, *Hydroptilidae*, *Belostomatidae*, *Naucoridae*), sensíveis (*Calopterygidae*, *Perlidae*), muito sensíveis (*Calamoceratidae*, *Odontoceridae*) e sem informação (*Nerthridae*).

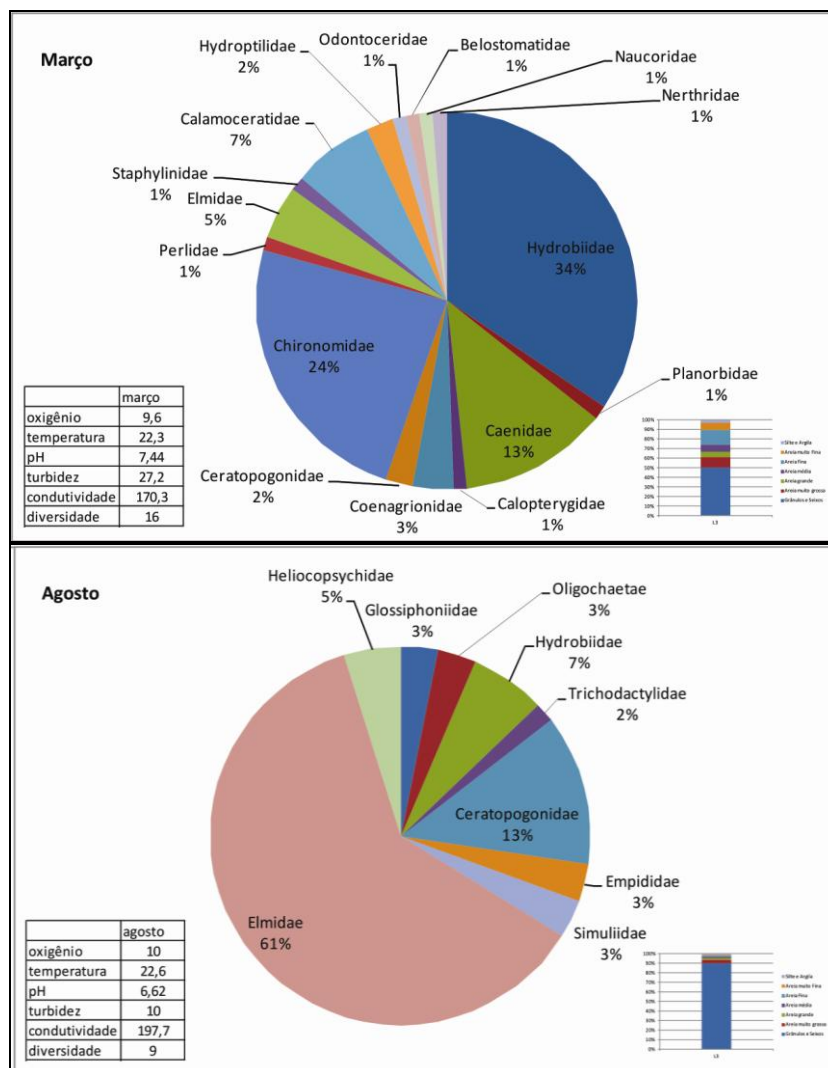


Figura 46. Gráficos síntese dos dados limnológicos das coletas realizadas na seção L4 nos meses de março e agosto de 2012. Fonte: trabalho de campo realizado em 19/03/2012 e 19/08/2012.

No mês de agosto foram capturados 62 indivíduos distribuídos em 9 famílias: extremamente tolerantes (*Oligochaetae*), muito tolerantes (*Glossiphoniidae*, *Hydrobiidae*, *Ceratopogonidae*, *Empididae*, *Elmidae*), tolerantes (*Simuliidae*), muito sensíveis (*Heliocopsychidae*) e sem informação (*Trichodactylidae*).

CAPÍTULO VII – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa foi possível notar que: cada sistema apresenta uma organização única, mesmo estando em um mesmo universo que apresenta condições geológicas e climáticas semelhantes. A distribuição da biota poderia apresentar um padrão de distribuição, se as bacias fossem submetidas às mesmas perturbações, tais como, uso intensivo de pastagem, cana ou mesmo uso urbano com periódica adição de esgoto doméstico. Contudo, morfologia de cada trecho; fator distribuidor de energia, selecionaria a biota bentônica, produzindo infinitas combinações de elementos que geram a singularidade em cada trecho do canal.

Assim, os geossistemas são sistemas ambientais complexos, onde a cada recorte de estudo é possível entendê-lo como uma “ciência particular”. As condições dadas pela Ciência da Paisagem abrem possibilidade para este entendimento do meio possibilitando a produção de modelos de predição de impactos, sem que com isso a singularidade de cada ambiente seja obscurecida.

Desta maneira, o geossistema oferece um arcabouço teórico-metodológico para a compreensão dos efeitos das atividades humanas no meio natural sem que com isso diminua a importância das singularidades de cada ambiente. Muito pertinente ao modo de pensar da sociedade contemporânea que busca, pelo menos no discurso, um desenvolvimento mais equilibrado entre o Homem (econômico, social etc.) e a Natureza.

Com base nas informações limnológicas pode-se afirmar que a vegetação nativa é uma das responsáveis pelo equilíbrio biológico de dentro dos canais de baixa ordem, sua função ecológica é diversa, dentre elas o fornecimento de material orgânico com função de alimentação, moradia, camuflagem entre outros, a estabilidade das margens promovendo o equilíbrio dos materiais em suspensão, diminui a variação de temperatura no decorrer do dia.

7.1 – Vegetação e organização biológica.

A estreita relação entre a vegetação ciliar e a quantidade e qualidade da água já é conhecida a muito tempo, não por acaso, as mudanças do Código Florestal (Lei 4771/65) dadas pela Lei 12651/12 provocou inúmeros debates em âmbito nacional.

Devido ao fato do projeto de mudança ter em seu texto a redução e, até mesmo, a supressão; em determinados curso de rio, desta proteção marginal.

Este debate só ocorreu por conta das diversas funções que esta mata possui na manutenção das estruturas físicas e biológicas da paisagem. Como já supracitado, a florestas bem estratificadas permitem que a pedogênese ocorra de modo mais intenso que a morfogênese (TRICART, 1977), deste modo, mantém as características da paisagem por um longo período, em diversas escalas de tempo (histórico e geológico).

Nas variações sazonais das temperaturas e precipitações ocorridas ao longo do ano, assim como, a composição da cobertura do solo, tanto nas margens quanto nas vertentes são responsáveis pela composição e distribuição dos organismos bentônicos. Esta relação ocorre por conta da variação no escoamento superficial das diferentes coberturas do solo (figura 47). Segundo Esteves, Leal e Callisto (2011), os bentos são extremamente dependentes do substrato de fundo e da composição granulométrica dos sedimentos.

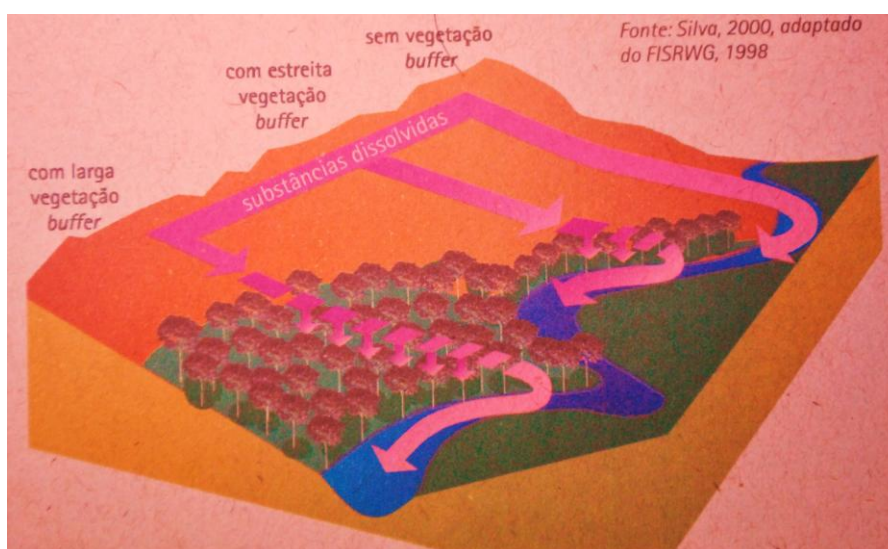


Figura 47. Relação entre escoamento superficial e mata ciliar. (SANTOS,2004).

Assim, os pontos onde foram coletados os dados limnológicos apresentaram variações na organização biológica nos meses de março e agosto. Todavia, esta modificação temporal ocorreu de modo mais acentuado em pontos onde não havia cobertura florestal.

Esta variação ocorreu por conta da diferença na vazão dos canais no momento da chuva, tornando-os instáveis no verão devido as fortes e constantes precipitações que

mobiliza material de fundo e o transporta para a jusante, transformando de modo significativo o ambiente fluvial.

Dinâmica facilmente constatada em trechos que recebem a drenagem urbana. As seções B1, B2, B3, B4 e B6, como é possível verificar no gráfico 9, apresentam este comportamento na variação da densidade. Com exceção do trecho B3 os demais não possuem cobertura ciliar nativa em nenhuma das margens, possibilitando, desta maneira, a instabilidade das margens a alteração das variáveis físico-químicas da água.

Esta movimentação do material promove também a condução dos organismos bentônicos para trechos mais baixos. O contrário ocorre quando a vazão, e consequentemente o ambiente fluvial, tornam-se mais estáveis, permitindo a proliferação de famílias adaptadas ao ambiente presente. Deste modo, a diferença de organismos entre o mês de março e agosto será negativa (gráfico 9).

Na maioria dos trechos, com esta dinâmica, a diversidade biológica acompanhou o aumento de indivíduos nos canais, exceto nas seções L1, a qual apresenta completamente forrada por macrofitas aquáticas, houve uma queda na variedade de famílias. Este comportamento pode estar relacionado ao modo de uso das terras da média e alta vertente. Nesta bacia se faz uso de técnicas de proteção de solo como o plantio direto e terraceamento os quais evitam o escoamento superficial erosão e a variação em pouco espaço de tempo do nível da água no canal.

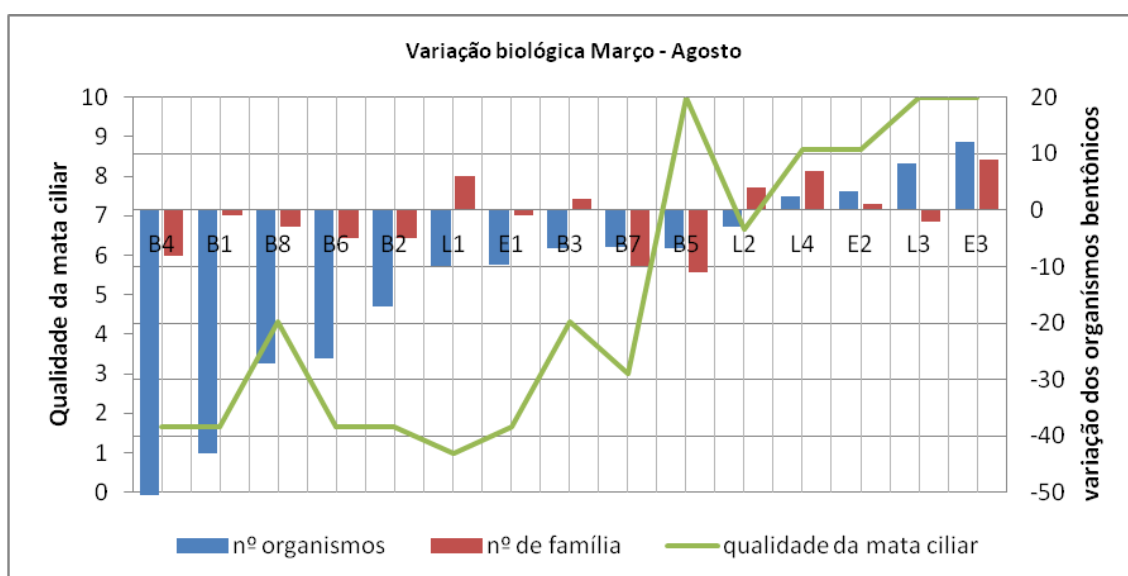


Gráfico 9. Contribuição da vegetação na manutenção da quantidade e biodiversidade de organismos dentro do canal

Em ambientes bem preservados com vegetação ciliar protegida com florestas de tamanho igual ou superior a 30 metros em cada margem, e à montante da seção conectada a próxima seção de coleta localizada rio acima ou a nascente, estes ambientes apresentaram comportamento diferente dos demais apresentados. Assim, as seções localizadas no afluente do córrego do Embiri E2 e E3 e no afluente do córrego do Lajeado L3 e L4 apresentaram decréscimo no número de organismos nos meses de estiagem. Este comportamento foi acompanhado também pela diversidade de famílias capturadas.

Assim, a quantidade de água que um canal recebe no decorrer de uma precipitação, ou até mesmo no transcorrer do ano, é controlada pela composição da vegetação que recobre o solo das vertentes e, principalmente, de sua margens. Todavia, o modo como o solo é utilizado também pode fornecer maior ou menor quantidade de material particulado, os quais geram novas estruturas e condições as comunidades biológicas.

De modo geral a presença da vegetação ciliar se mostrou muito importante na estruturação do meio físico, diminuindo a morfogênese e favorecendo a pedogênese quando a floresta está bem estruturada, além de ser extremamente necessária para a distribuição da biota aquática.

Vale lembrar que em rios onde a incidência de radiação solar foi maior, por falta de proteção das copas das árvores, houve a invasão de gramíneas no canal ao ponto de se comportarem como macrófitas aquáticas. A presença de macrófita gerou aumento na variedade de famílias na seção, porém, organismos dependentes das condições originais, onde a vegetação fornecia alimento, abrigo e condições físico-químicas da água e do leito desapareceram.

Em suma, a saúde do canal fluvial está diretamente relacionada com as condições vegetação marginal nativa, onde quanto maior a extensão melhor as condições limnológicas do canal. Quando estas condições não são respeitadas, novas estruturas são criadas possibilitando o surgimento de novas populações de organismos ou mesmo a extinção de outras em determinada região. Assim, a falta de vegetação em um curso d'água é um fator limitante para a distribuição de muitos organismos bentônicos. Sua capacidade de diminuir os *inputs* de sedimentos no canal e desacelerar a degradação de suas margens criam condições tanto físicas da água (temperatura, turbidez sedimento em suspensão entre outros) quanto a composição granulométrica do leito para alguns organismos.

Nas vertentes impermeabilizadas, os trechos que recebem as águas drenadas da área urbana tem sua vazão aumentada significativamente no momento das precipitações e, por esta razão, sua morfologia também é modificada e, por conseguinte, a reorganização da biota bentônica. Impossibilitando com que a vegetação ciliar consiga estabilizar os processos morfogênicos e o contínuo processo de solapamento das margens.

As águas pluviais também adicionam ao canal quantidades significativas de lixo (doméstico, construção civil etc.) e materiais orgânicos e inorgânicos que alteram a composição química da água. Estas condições limitam o número de organismos existentes nestes locais, sendo encontrados apenas indivíduos adaptados a estas condições morfológicas e tolerantes a esta composição química da água.

Provavelmente a biota bentônica pretérita era composta por organismos adaptados a canais com sedimentos de fundo de granulometria composta por areias finas a muito finas, muito diferente das encontradas, possivelmente, em uma composição muito semelhante à encontrada na seção B5. Na seção com macrófita a composição e a densidade dos invertebrados não se assemelham com as encontradas em outras seções com a mesma forma de cobertura.

Esta vegetação ciliar nativa torna-se de importância fundamental, pois serve como um mata borrão, segurando grande quantidade de partículas sólidas oriundas das altas e médias ventos. Estas partículas sólidas carregam consigo substâncias agrícolas específicas utilizadas no processo produtivo de cada cultivo agrícola. Estas substâncias podem vir a causar diferentes modificações na composição das populações bentônicas.

Nas seções analisadas nesta pesquisa, foi possível notar que algumas famílias de macroinvertebrados têm preferência por regiões com mata ciliar bem preservada. A família dos *perlidae* aparece em apenas três seções L2 e L3 em março e E3 em agosto áreas com mata ciliar bem estruturada.

Já as seções onde a vegetação ciliar nativa era inexistente, rarefeita ou com vegetação em apenas uma das vertentes, apresentaram maior variação no número de indivíduos entre a coleta feita no período de chuva e a coleta feita no período de estiagem. Em algumas seções foram coletados organismos sensíveis à perturbação orgânica segundo o índice da BMWP. Contudo, segundo Peruquetti (2004), no mundo tropical, famílias de odonatas consideradas boas indicadoras de qualidade da água podem possuir espécies de libélulas tolerantes a determinadas perturbações como as

Hetaerina rosea da família dos Colopterygidae e *Aeschnosoma SP* da família dos Corduliidae.

As famílias dos corduliidae e colopterygidae aparecem em todas as bacias, sendo encontradas em seções muito degradadas pela drenagem urbana; B2 e B3, área sem vegetação nativa; B6 e ocupada por macrófitas aquáticas E1 e L1. Em grande parte dos pontos onde foi registrada sua presença, estes organismos eram os únicos que poderiam indicar boa qualidade do canal segundo o índice da BMWP.

REFERÊNCIAS

- AB’SÁBER, A. N. O relevo brasileiro e seus problemas. In: AZEVEDO, A. de. et al. (Dir.) *Brasil, a terra e o homem*, São Paulo: Companhia Editora Nacional. v. 1, p. 135-250, 1964.
- AB’SÁBER, A. N. *Um conceito de Geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário*. São Paulo, Geomorfologia, n. 18, p. 1 – 23, 1969.
- AB’SÁBER, A. N. *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*. 6 ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2010.
- ALBA-TERCEDOR, J.; SÁNCHEZ-ORTEGA, A. *Un método rápido y simples para evaluar La calidad biológica de las aguas corrientes basado en de Hellawell (1978)* Limnetica, n. 4, p. 51-56, 1988.
- ARAUJO, A. P.; ALEIXO, N. C. R.; MENEZES, B. B.; SOUZA, C G.; RIVERO, C. A. V.; MONTEZANI, E.; BRAIDO, L. M. H.; TEODORO, P. H. M.; AMORIM, M. C. C. T. *Ensaio metodológico sobre a utilização de transectos móveis no período diurno em Presidente Prudente-SP* Revista Formação, v. 1, n.17, p. 77-95, 2010.
- ARAUJO, A. P. *Dinâmica fluvial do córrego do Cedro e processos de erosão marginais*. Monografia (bacharelado em Geografia) – F.C.T./UNESP. Presidente Prudente, 2007.
- AZEVEDO, C. A. S.; HAMADA, N. *Megaloptera*. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). 2008. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em 05 de janeiro de 2012.
- BARBOSA, D. S. *Limnologia dos rios Uberaga (MG) e a utilização de macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores das modificações ambientais*. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003. Disponível em: <http://www.tese.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-29042009-143849/>. Acesso em 16/10/2013.
- BARBOSA, H. P.; AMORIM M. C. C. T. *Clima urbano em Presidente Prudente/SP: diferenças térmicas e higrométricas urbano/rural em episódios de outono*. Revista Geonorte, v. 2, n. 5, p. 220 - 232, 2012. Edição Especial.

BARNES, R. S. K.; CALOW, P.; OLIVE, R. J.W.; GOLDING, D. W. *Os invertebrados: uma nova síntese*. Vários tradutores. São Paulo: Atheneu, 1995.

BARRIOS, N. A. Z.; SANTANNA NETO, J. L. *A circulação atmosférica no Extremo Oeste Paulista*. Boletim Climatológico, Presidente Prudente, v. 1, n. 1, mar. 1996.

BERTALANFFY, L. von. *Teoria Geral dos Sistemas*; trad. de Francisco M. Guimarães. Petrópolis: Vozes, 1977.

BERTRAND, G. *Paysage et géographie physique globale, esquisse methodologique*. Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968.

BERTRAND, G. *Paisagem e geografia global: esboço metodológico*. Caderno de Ciência da Terra, São Paulo, n. 13, p. 1-27, 1971.

BOIN, M. N. *Chuvas e Erosões no Oeste Paulista: Uma análise Climatológica Aplicada*, (Tese de Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

BOLÒS, M. *Problemática actual de los estudios de paisaje integrado*. Revista de Geografía. Barcelona, v. 15, n. 1-2, p. 45-68, 1981.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. *Institui o Novo Código Florestal*. Coletânea de Legislação e de Direito Ambiental/Constituição Federal. São Paulo, 2007.

BRASIL. Decreto nº 750, de 10 de fevereiro de 1993. *Dispõe sobre o corte, a exploração e a supressão de vegetação primária ou nos estágios avançado e médio de regeneração de Mata Atlântica, e dá outras providências*.

BRASIL. Lei nº 12651, de 25 de maio de 2012. *Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências*.

BROWN, J. H.; LOMOLINO, M. V. *Biogeografia*. Tradução Iulo Feliciano Afonso; 2 ed., Ribeirão Preto. FUNPEC, 2006.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. *Base conceitual para aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água em rios*. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.2, n. 19, p. 465-473, mar./abr. 2003.

CALLAI, H. C. *A cidade e a (re)criação da relação homem – natureza*. Ciência e ambiente, v.4, n. 7, p. 43 – 53, jul./dez. 1993.

CALLISTO, M.; MORENO, P. *Biomonitoramento de macroinvertebrados bentônicos: consolidando passos na busca do desenvolvimento sustentável*. Sociedade Brasileira de Limnologia (Boletim Científico), v.2, n. 35, p. 40 – 42, set. 2006.

CALOR, A. R. *Trichoptera*. In: Guia on-line de Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/index_trico. Acesso dia 05 de janeiro de 2013.

CARVALHO, W.A. (Coord.) *Levantamento Semidetalhado dos solos da bacia do rio Santo Anastácio-SP*. Presidente Prudente, SP: FCT-UNESP, (Boletim científico), v. 2, 1997.

CASSETI, V. *Geomorfologia*. [S.l.]: [2005]. Disponível em: <<http://www.funape.org.br/geomorfologia/>>. Acesso em: 26/10/2011

CETESB, <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp#oxigenio>. Acesso dia 30 de janeiro de 2009.

CHAPMAN, D.; JACKSON E. J.; KREBS, F. *Biological monitoring*. In Water quality monitoring - a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes, BARTRAM, J., BALLANCE, R. organizador. UNEP/WHO, 1996. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/resources/wqmonitor/en/. Acesso dia 12 de agosto de 2013.

CISOTTO; M. F.; VITTE, C. V. *O consumo da natureza no novo padrão de ocupação urbana*. Geografia em Atos, Presidente Prudente, v. 1, n. 10, p. 26 – 39, jan./jun. 2010.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. *Geoecologia: o clima, os solos e a biota*. In Geografia do Brasil, ROSS, J. L. S. 5 ed. São Paulo, 2005.

COSTA-LIMA, A. *Insetos do Brasil: hemípteros*. Rio de Janeiro. Escola Nacional de Agronomia, 1940. v. 2.

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

CRISTOFOLETTI, A. *Geomorfologia Fluvial*. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

DE BIASI, M. *Carta clinográfica: os métodos de representação e sua confecção*. Revista do Departamento de Deografia da USP, São Paulo, n. 6, p. 45-60, 1992.

DIBIESO, E. P. *Planejamento ambiental da bacia hidrográfica do córrego do Cedro – Presidente Prudente/SP*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2007.

DIBIESO, E. P. *Planejamento ambiental e gestão de recursos hídricos: estudo aplicado à bacia hidrográfica do manancial do curso do rio Santo Anastácio – Presidente Prudente/SP*. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2013.

EGLER, M. *Utilizando a comunidade de macroinvertebrados bentônicos na avaliação da degradação ambiental de ecossistemas de Rios em áreas agrícolas. RJ, Brasil*. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública), Escola Nacional de Saúde Pública, FIOCRUZ. 2002.

ESTEVES, F. A.; LEAL, J. J. F.; CALLISTO, M. *Comunidade bentônica*. In Fundamentos de limnologia, ESTEVES, F. A. (org.). 3 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FRANCISCO, C. de F. *Análise ambiental e consequências do desmatamento no município de Presidente Prudente no período de 1917 a 1986*. Dissertação (Mestrado em geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 1989.

FROLOVA, M. *Los orígenes de la ciencia del paisaje en la Geografía rusa*. Revista Eletronica de Geografía y Ciencias Sociales, Barcelona, v. 5, nº. 102, p. 1-16, dez. 2001.

FROLOVA, M. *A paisagem dos geógrafos russos: a evolução do olhar geográfico entre o século XIX e o XX*. R. RA'E GA, Curitiba, n. 13, p. 159-170, 2007.

GONÇALVES, C. W. P. *Os (des)caminhos do meio ambiente*. 15 ed. São Paulo. Contexto, 2011.

GREGORY, K. J. *A natureza da Geografia Física*. Tradução Eduardo de Almeida Navarro, Rio de Janeiro, Bertrand, 1992.

GRISI, B. M. *Glossário de ecologia e ciências ambientais*. 3 ed. João Pessoa, 2007. Disponível em : http://www.em.ufop.br/ceamb/petamb/cariboost_files/glossario_20de_20ecologia_20e_20ciencias_20ambientais.pdf. Acesso em 05 de janeiro de 2012.

GUERRA, A. T.; GUERRA, A. J. T. *Novo dicionário geológico – geomorfológico*. 4ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2005.

GUERRA, J. T.; CUNHA, S. B. *Geomorfologia: uma atualização de base conceitual*. 4ª ed. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2001.

HOBBSAWM, E. *Era dos extremos: o breve século XX: 1914-1991*. Tradução Marcos Santarrita; revisão técnica Maria Célia Paoli – São Paulo: Companhia das Letras, 1995.

IKUTA, F. A. *A Cidade e as águas: a expansão territorial urbana e a ocupação dos fundos de vales em Presidente Prudente - SP*. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA, *Mapa de unidades de relevo do Brasil*, Rio de Janeiro, IBGE, 2006. mapa, color., 90 cm X 110cm. Escala 1:5.000.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA, *Mapa de vegetação do Brasil*, Rio de Janeiro, IBGE, 2004. mapa, color., 90 cm X 115cm. Escala 1:5.000.000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA, *Manual técnico da vegetação brasileira*, Rio de Janeiro, IBGE, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA, *Carta topográfica*, Rio de Janeiro, IBGE, 1974. Mapa color, 58 x 54cm. Escala 1:50.000.

JUNQUEIRA, M. V.; AMARANTE, M. C.; DIAS, C. F. S.; FRANÇA, E. S. *Biomonitoramento da qualidade das águas da bacia do Alto Rio das Velhas (MG/Brasil) através dos macroinvertebrados*. ActaLimnol, n. 12, 73-87, 2000.

KLUMPP, A. *Utilização de bioindicadores de poluição em condições temperadas e tropicais*. In MAIA, B. M., MARTOS H. L., BARRELLA, W., (Org.) Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. Educ/Comped/Inep, São Palo, 2001.

LEAL, A. C. *Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca – Campinas/SP*. Dissertação (Mestrado em Geografia) Instituto de Geociências e Ciências Exatas – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro 1995.

LECCI, L. S.; FROEHLICH, C. G. *Plecoptera*. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). 2007. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso dia 05 de janeiro de 2013.

LEPSCH, I. F. *Formação e conservação dos solos*. São Paulo - Oficina de Textos, 2002.

LIMA, J. S. *Processos biológicos e o biomonitoramento: aspectos bioquímicos e morfológicos*. In: MAIA, B. M., MARTOS H. L., BARRELLA, W., (Org.) Indicadores ambientais: conceitos e aplicações. Educ/Comped/Inep, São Paulo, 2001.

MACENA; C. A. C. de. *O Conjunto Habitacional Ana Jacinta e o meio ambiente*. Monografia (bacharelado em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 1997.

MALJAZOVA, S. M. E. G.; MALO, G. N. OGUREEVA; N.B.LEONOVA. *Escuela biogeografica; concepciones científicas de base*; Em: KASIMOV, N.S. Escuelas científicas geográficas de la Universidad de Moscu; Editorial Gorodiets, Moscu, 2008, p. 305-314.

MARCHETTI, D. A. B.; GARCIA, G. J. *Princípios de fotogrametria e fotointerpretação*. São Paulo, Nobel, 1978.

MARIANO, R.; FROEHLICH, C. G. *Ephemeroptera*. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). 2007. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em 05 de Janeiro de 2012.

MASSONI, N. T. *Ilya Prigogine: uma contribuição à filosofia da ciência*. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 2, (2008). Disponível em: www.sbfisica.org.br. Acesso em março de 2012.

MATOS; R. J. *Planejamento ambiental da bacia do Manancial do Rio Santo Anastácio: estudo aplicado na sub-bacia do córrego do Botafogo – Presidente Prudente/SP*. Monografia (Bacharelado em Geografia) Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2009.

MATOS; R. J. *Estudo biogeográfico: levantamento da avifauna existente no campus da Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente (FCT/UNESP)*. Revista de Formação. Presidente Prudente, n. 18, v. 2, p. 66-78, 2011.

MODENESI-GAUTTIERI M. C.; BARTORELLI, A.; MANTESSO NETO V.; CARNEIRO, C. D. A.; LISBOA M. B. A. L. *A Obra de Aziz Nacib Ab'Sáber - São Paulo*: Beca-BALL, 2010.

MONTEIRO, C. A. de F. *A dinâmica e as chuvas no estado de São Paulo*. São Paulo: IGEOG/USP, 1973.

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

MONTEIRO, T. R.; OLIVEIRA, L. G.; GODOY, B. S. *Biomonitoramento da qualidade de água utilizando macroinvertebrados bentônicos: adaptação do índice biótico BMWP' à Bacia do Rio Meia Ponte – GO*. Oecol. Bras., v. 3, n. 12, p. 553-563, 2008.

MORAES, A. C. R. *Geografia: pequena história crítica*. 16 ed. São Paulo, Hucitec, 1998.

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

NUNES, J. O. R. (Coord.). *Mapeamento Geomorfológico do município de Presidente Prudente – SP*, Escala 1:25.000, Presidente Prudente, SP: FCT-UNESP, (Relatório científico), 2009.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Tradução: Christopher J. Tribe. Guanabara - RJ, 2010.

PASSOS, M. M. *A raia divisória: geossistema, paisagem e eco-história*. Maringá, UEM, 2006.

PINHO, L. C. *Diptera*. In: Guia *on-line*: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). 2008. Disponível em: <http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/guiaonline>. Acesso em 05 de janeiro de 2012.

PRADO, F. A.; MENEGUETTE, A. A. C. *Tutorial básico do software SPRING*. Material didático, Faculdade de Ciências e Tecnologia – Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2008.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PRESIDENTE PRUDENTE, *Zoneamento de uso e ocupação do solo*, São Paulo, Secretaria do Planejamento, desenvolvimento urbano e habitação, 2008. 1 mapa, color., 21 cm X 29,7 cm. Escala 1:17 500.

PUIG, M. À. *Els macroinvertebrats dels rius catalans: Guia il. Lustrada*. Barcelona, Espanha, 1999.

RAMOS, V. S.; DURIGAN, G.; FRANCO, G. A. D. C.; SEQUEIRA, M. F. RODRIGUES, R. R. *Árvores da Floresta Estacional Semidecidual: guia de identificação*. IF Sér. Reg., São Paulo, n. 31, p. 137-141, jul. 2007.

REZENDE, C. B. F. *História econômica geral*. 7 ed., São Paulo, Contexto, 2003.

ROCHA, R. R. A.; ROCHA, P. C. *Sistemas rio-planície de inundação: Geomorfologia e conectividade hidrodinâmica*. Tópos – v. 1, n. 2 – Presidente Prudente, dez. 2007.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V. *Planejamento e gestão ambiental: subsídio da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica*. Fortaleza: UFC, 2013.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. *Paisaje y geosistema: apuntes para una discusión teórica*. Revista Geonorte. Manaus, edição especial, v. 4, n. 4, p. 249-260, 2012.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; CAVALCANTI, A. P. B. *Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental*. Fortaleza. UFC, 2007.

ROQUE, F. L.; SIQUEIRA, T. *O que são macroinvertebrados mesmo?* Boletim da Sociedade Brasileira de Limnologia, v. 2, n. 35, p. 37-38, set. 2006.

ROSS, J. S. *O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo*. Revista do departamento de Geografia, São Paulo, n. 6, p. 17-29, 1992.

ROSS, J. S. *Considerações a respeito da geomorfologia na questão dos limites territoriais*. Revista do departamento de Geografia, São Paulo, n. 2, p. 65-72, 1983.

ROSS, J. S. *Geomorfologia: ambiente e planejamento*. 5 ed., São Paulo, Contexto, 2008.

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

SALLES, F. F.; DA SILVA, E. R.; HUBBAARD, M. D.; SERRÃO, J. E. *As espécies de ephemeroptera (insecta) registrada para o Brasil*. Biota Neotrop. v. 2, n.4, 2004. Disponível em: <http://www.biotaneotropica.org.br/v4n2/pt/abstract?inventory+BN04004022004>

SANT'ANNA NETO, J. L.; TOMMASELLI, J. T. G. *O Tempo e o Clima de Presidente Prudente*. Presidente Prudente, FCT/UNESP, 2009.

SANTOS, R. F. *Planejamento ambiental: teoria e prática*. São Paulo, Oficina de Textos, 2004.

SANTOS, D. S.; DIAS, F. D. *Uso de anáglifos como alternativas para prática de estereoscopia em sensoriamento remoto*. Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ, Niteroi – RJ, v. 34, 2, p. 105-111, 2011.

SARTRE, J. P. *Questão de método*, tradução Bento Prado Jr. 2 ed. São Paulo, Difusão Europeia, 1967.

SEGURA, M. O.; VALENTE NETO, F.; FONSECA-GESSNER, A. A. *Chave de famílias de Coleoptera aquáticos (Insecta) do Estado de São Paulo, Brasil*. Biota Neotrop. v.1, n. 11, p. 392-412, 2011. Disponível em : <http://www.biotaneotropica.org.br/v11n1/pt/abstract?article+bn02711012011>. Acesso em 05 de janeiro de 2012.

SILVEIRA, M. P.; QUEIROZ, J. F.; BOEIRA, R. C. *Protocolo de coleta e preparação de amostras de macroinvertebrados bentônicos em riachos*. Embrapa Comunicado Técnico. Jaguariúna – SP, n. 19, p. 1-7, 2004.

SOTCHAVA, V. B. *The study of the geosystems*. Reports of the Institute of Geography of Sibéria and the Far East – Special Issue for the XXIII International Geographical Congress; Irkutsk, n. 51, p. 3-40, 1976.

SOTCHAVA, V. B. *Por uma teoria de classificação de geossistema de vida terrestre*. Biogeografia, São Paulo, p. 1-24, 1978.

SOUZA, L. O. I.; COSTA, J. M.; OLDRINI, B. B. *Odonata*. In: Guia on-line: Identificação de larvas de Insetos Aquáticos do Estado de São Paulo. Froehlich, C.G. (org.). 2007. Disponível em: http://sites.ffclrp.usp.br/aguadoce/Guia_online. Acesso dia 05 de janeiro de 2013.

SPOSITO, E. S. *Geografia e filosofia: contribuição para o ensino do pensamento geográfico*. São Paulo: UNESP, 2004.

SUDO, H. *Bacia do Alto curso do Alto Santo Anastácio*. Tese (Doutorado em Geografia) Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – Universidade de São Paulo. São Paulo 1980.

SUERTEGARAY, D. M. A.; ROSSATO, M. S.; BALLANCA, E. T.; FACHINELLO, A.; CÂNDIDO, L. A.; SILVA, C. R. *Terra feições ilustradas*. 3 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

SUGUIO, K.; BIGARELLA, J. J. *Ambientes fluviais*. 2ª ed. Florianópolis: UFSC, 1990.

THOMAZ, S. M.; ESTEVES, F. A. *Comunidade de macrófitas aquáticas*. In Fundamentos de limnologia, ESTEVES, F. A. organizador. 3 ed. Rio de Janeiro, Interciência, 2011.

TIMASHEV, I. E.- *El componente geoecológico principal del paisaje terrestre*, In ALEKSEEV, B. A. et al (org.) - *El mundo de la Geoecología* (en ruso), tradução José Manuel Mateo Rodriguez; GEOS, Moscú, p. 10-20, 2008.

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

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M.; ABE, T. S.; ROCHA, O.; STARLING, F. *Limnologia de águas interiores: impactos, conservação e recuperação de ecossistemas aquáticos*. In REBOLÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (org.) *Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3 ed. São Paulo, Escrituras, 2006.

VANNOTE, R. L.; MINSSHALL, G. W.; CUMMINS, K. W.; SEDELL, J. R.; CUSHING, C. E. *The river continuum concept*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. n. 37, 130-137, 1980.

VIEIRA, L. S. *Manual da ciência do solo: com ênfase aos solos tropicais*. 2 ed. São Paulo. Agronomia Ceres, 1988.

VITTE, A. C. *Da crise da Razão à aventura interdisciplinar*. In: VIII SEMANA DE GEOGRAFIA E III ENCONTRO DE ESTUDANTES DE LICENCIATURA EM GEOGRAFIA PRESIDENTE PRUDENTE, 06 a 10 de agosto de 2007.