

UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA REGIONAL DE CHAPECÓ

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

Jovane Bottin

**AVALIAÇÃO LIMNOLÓGICA DA MICROBACIA DO
LAJEADO PASSO DOS ÍNDIOS - CHAPECÓ, SC**

Chapecó – SC, 2007

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA REGIONAL DE CHAPECÓ

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

**AVALIAÇÃO LIMNOLÓGICA DA MICROBACIA DO
LAJEADO PASSO DOS ÍNDIOS - CHAPECÓ, SC**

Jovane Bottin

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Comunitária Regional de Chapecó, como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Dr. Jacir Dal Magro

Co-orientadora: Dra. Gilza M. de Souza-Franco

Chapecó – SC, setembro, 2007

FICHA CATALOGRÁFICA

577.6 Bottin, Jovane
J751a Avaliação limnológica da microbacia do Lajeado Passo
dos Índios – Chapecó, SC / Jovane Bottin. – Chapecó, 2007.

89 p.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Comunitária
Regional de Chapecó, 2007.

Orientador: Prof. Dr. Jacir Dal Magro
Co-orientadora: Prof^a. Dra. Gilza M. de Souza-Franco

1. Limnologia. 2. Lajeado Passo dos Índios (Chapecó, SC) –
Avaliação. I. Dal Magro, Jacir. II. Souza-Franco, Gilza M. de.
III. Título

CDD 577.6



UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA REGIONAL DE CHAPECÓ

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais

**AVALIAÇÃO LIMNOLÓGICA DA MICROBACIA DO
LAJEADO PASSO DOS ÍNDIOS - CHAPECÓ, SC**

Jovane Bottin

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do grau de

Mestre em Ciências Ambientais

sendo aprovado em sua forma final.

Dr. Jacir Dal Magro

Orientador

Dra. Gilza Maria de Souza Franco

Co-orientadora

BANCA EXAMINADORA

Dra. Rozangela Curi Pedroza

Dr. Rógis Juarez Bernardy

Chapecó, 03 de setembro de 2007

DEDICATÓRIA

À minha mãe (Neusa), pelo incansável apoio moral e financeiro e pelo amor de toda vida.

À amiga Lígia, por ser amiga, sempre.

AGRADECIMENTOS

Aos irmãos Juciane, Clóvis e Cláudio, agradeço pelo encorajamento e pela força nos pequenos detalhes e nas grandes tarefas;

A todos os meus familiares, pelo apoio e incentivo;

Às amigas Lucimar e Camila, por estarem sempre perto;

Ao orientador, por acreditar no projeto e, apesar das dificuldades, por ajudar a encontrar a solução dos problemas;

À co-orientadora, pela paciência, pelas dicas preciosas e pela generosidade;

Às amigas do VAB, por compreender o constante “não posso”, por compartilhar o amor pelos nossos “fofuchos” e ainda, por entender que o esforço maior é por eles, sempre;

Aos colegas do grupo de pesquisa: Odinei, Douglas, Raquel, Maria Elena, Erikssen, Tânia e Alessandra pelo auxílio e boa vontade;

Às colegas Tereza e Sandra, por enfrentar com bravura de 0º a 40ºC e sanduíche vegetariano;

Ao Engº Agrônomo Ernesto José Cavallet por ensinar com paciência e boa vontade as preciosas ferramentas do ArcGis®;

Ao colega Gilberto Matias Ruffato, por indicar os misteriosos caminhos da metodologia;

À Unochapecó, instituição financiadora do projeto;

Ao Secretário Municipal de Agricultura de Chapecó, Ricardo Lunardi, por acreditar na importância do projeto e permitir a utilização dos equipamentos e softwares;

Ao Professor Cláudio Jacoski, por abrir os horizontes do CTM;

A todos os professores do Mestrado, que ajudaram a construir esta dissertação através dos seus ensinamentos;

A todos que direta ou indiretamente colaboraram, através de palavras de incentivo, gestos de carinho e apoio ou de uma “mãozinha” nestes dois anos, agradeço.

RESUMO

BOTTIN, Jovane. Avaliação limnológica da microbacia do Lajeado Passo dos Índios-Chapecó, SC. Dissertação (Mestrado). Universidade Comunitária Regional de Chapecó, 2007. 89p.

O desenvolvimento da região oeste de Santa Catarina foi caracterizado pela exploração intensiva dos recursos florestais e pela implantação das agroindústrias com toda cadeia produtiva, atividades que promoveram a degradação progressiva dos recursos naturais. Este trabalho teve como objetivo estudar os ambientes limnológicos da microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, município de Chapecó, através das variáveis físicas e químicas, uso do solo, e quantificação de vegetação marginal. Foram selecionados dezessete pontos de coleta, em seis rios, com avaliação das seguintes variáveis ambientais: profundidade, transparência e temperatura da água, temperatura do ambiente, pH, alcalinidade total, turbidez, sólidos totais, condutividade elétrica, OD, DBO, DQO, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato, fósforo total, coliformes totais e termotolerantes, determinação do teor de matéria orgânica do sedimento, aplicação de um Índice de Qualidade da Água (IQA) e determinação dos metais cromo, cobre, manganês, ferro, cádmio, chumbo e zinco na água. Os resultados das análises demonstraram contaminação desde as nascentes para os rios Sanga Bela Vista, Lajeado Passo dos Fortes, Rio A, e declínio da qualidade da água dos rios Lajeado Passo dos Índios e Lajeado Palmital a partir da região urbana. A análise de componentes principais separou o Lajeado Passo dos Índios dos demais rios em relação aos pontos mais críticos quanto ao lançamento de efluentes domésticos. Os resultados do IQA indicaram variação sazonal sendo os fatores turbidez, sólidos totais e coliformes termotolerantes responsáveis pelo declínio da qualidade da água nas nascentes; nas regiões mais impactadas a qualidade da água foi avaliada como não satisfatória em todo o período de estudo. A análise de metais pesados mostrou contaminação por cádmio, chumbo e cromo, desde as nascentes, e incremento a partir da região urbana, indicando que o uso inadequado do solo, despejo sistemático de efluentes urbanos e ausência de vegetação marginal são os fatores que mais influenciaram na degradação ambiental desta microbacia.

Palavras-chave: IQA, metais pesados, uso do solo.

ABSTRACT

BOTTIN, Jovane. Limnological Evaluation of Lajeado Passo dos Índios watershed – Chapecó, SC. Dissertation (Master Degree). Universidade Comunitária Regional de Chapecó, 2007. 89p.

The western region of Santa Catarina's development was characterized by an intensive exploration of forest resources and by the implementation of agricultural industries with all productive chain, activities that promoted the progressive degradation of nature resources. The objective of this work was to study the limnological environments of the Lajeado Passo dos Índios watershed, in Chapecó city, throughout the physical and chemical variables, soil use and the quantification of marginal vegetation. Seventeen sample points were selected in six rivers evaluating the following environmental variables: deepness, transparency and temperature of the water, environment temperature, pH, total alkalinity, turbidity, total solids, electrical conductivity, OD, BOD, COD, ammoniac nitrogen, nitrite and nitrate, phosphorus, total and thermotolerant coliform counts, organic matter content in the sediment, Water Quality Index (WQI) application and metal determination in water such as chrome, copper, manganese, iron, cadmium, lead and zinc. The analyses results show contamination up to the headwater of rivers Sanga Bela Vista, Lajeado Passo dos Fortes, River A and water quality decline in rivers Lajeado Passo dos Índios and Lajeado Palmital beginning in urban areas. The main components analyses separated the Lajeado Passo dos Índios from the other rivers regarding the most critical points as to domestic drain discharges. The WQI results indicated seasonal variations; among the factors that reduced the quality at headwater are turbidity, total solids and thermotolerant coliforms; at the most impacted regions the water quality was evaluated as non satisfactory throughout all the study period. The heavy metal analyses showed contamination by cadmium, lead and chrome, starting at headwaters, increasing at urban areas indicating that the inadequate use of soil, the systematic of urban drain discharge and absence of marginal vegetation are the factors that most influence in environmental degradation of this watershed.

Keywords: WQI, heavy metal, soil use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: a, b) Transporte de madeiras realizado no rio Uruguai através de balsas; c) Lajeado Passo dos Índios no povoado de Xaçecó; d) criação de aves em escala comercial (Fonte: CEOM).....	17
Figura 4.1: Delimitação das principais microbacias da área urbana do município de Chapecó (Fonte: ANA, 2007; Epagri, 2007; SPP, 2006).....	36
Figura 4.2: Imagem quickbird da cidade de Chapecó com delimitação da microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios (Fonte SPP, 2006).....	37
Figura 4.3: Representação da área de drenagem do Lajeado Passo dos Índios e seus tributários, com destaque dos segmentos urbanos canalizados (Fonte: SPP, 2006).....	38
Figura 4.4: Evolução da precipitação pluviométrica e de temperatura mensal em Chapecó, SC no ano de 2006. Fonte: Epagri (2007).	39
Figura 4.5: Mapa de uso do solo da região urbana no município de Chapecó (Fonte: SPP, 2006).....	40
Figura 4.6: Pontos de coleta na microbacia do Lajeado passo dos Índios.....	42
Figura 5.1: Delimitação aproximada da vegetação marginal dos cursos d'água da microbacia do Lajeado Passo dos Índios.	49
Figura 5.2: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 1, 2 e 4 (FONTE: SPP)....	50
Figura 5.3: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 3, 5, 6, 8, 9 e 11 (FONTE: SPP).....	50
Figura 5.4: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 7, 8, 10 e 12 (FONTE: SPP).....	51
Figura 5.5: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 10, 12, 13, 14 3 15 (FONTE: SPP).....	51
Figura 5.6: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 11, 13, 16 e 17, com destaque para a estação de tratamento de efluentes do município (FONTE: SPP)..	52
Figura 5.7: Resultado dos dois primeiros eixos da ACP com dados log-transformados (exceto pH) das variáveis alcalinidade total, condutividade elétrica, DBO, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos totais, amônia, nitrito, nitrato, fósforo.	55
Figura 5.8: Dispersão das variáveis dos componentes principais.	56
Figura 5.9: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para condutividade elétrica (a), alcalinidade total (b) e nitrito (c) da microbacia do Lajeado Passo dos Índios;...	57
Figura 5.10: Distribuição espacial da média dos valores de condutividade elétrica (a), alcalinidade total (b) e nitrito (c) da microbacia do lajeado Passo dos Índios no período de abril a dezembro de 2006.....	57
Figura 5.11: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para fósforo (a) e nitrato (b) dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.	58
Figura 5.12: Distribuição espacial da média dos valores de nitrato (a) e fósforo (b) da microbacia do lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006..	58

Figura 5.13: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para turbidez dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.	61
Figura 5.14: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para OD (a) e pH (b) dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.	62
Figura 5.15: Distribuição espacial da média dos valores de pH da microbacia do Lajeado Passo dos Índios no período de abril a dezembro de 2006.	62
Figura 5.16: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para OD (a) e pH (b) dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.	64
Figura 5.17: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para DBO dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.	65
Figura 5.18: Distribuição espacial da média dos valores de DBO (a) e DQO (b) da microbacia do Lajeado Passo dos Índios no período de abril a dezembro de 2006.	65
Figura 5.19: Distribuição espacial da média dos valores de matéria orgânica do sedimento da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.	66
Figura 5.20: Escores IQA do mês de agosto na microbacia do Lajeado Passo dos Índios.	68
Figura 5.21: Escores IQA do mês de dezembro na microbacia do Lajeado Passo dos Índios.	68
Figura 5.22: Distribuição espacial da média dos valores de coliformes totais e coliformes termotolerantes da microbacia do Lajeado Passo dos Índios nos meses de agosto e dezembro de 2006.	69
Figura 5.23: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para cromo, cobre, manganês, ferro, cádmio, chumbo e zinco dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, nos meses de abril e outubro de 2006.	72
Figura 5.24: Resultado dos dois primeiros eixos da ACP com dados das variáveis cádmio, cromo, cobre, chumbo, ferro, manganês e zinco.	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1: Área de drenagem e extensão aproximada do Lajeado Passo dos Índios e seus tributários (Fonte: SPP, 2006).	38
Tabela 5.1: Caracterização do entorno dos pontos de coleta na microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios.....	47
Tabela 5.2: Valores médios (X) e desvio padrão (DP)do dados físicos e químicos da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.....	54
Tabela 5.3: Classificação das águas do Lajeado Passo dos Índios nos meses de agosto e dezembro de 2007, segundo IQA-NSF.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

CE – Condutividade Elétrica

CEOM – Centro de Memória do Oeste de Santa Catarina

CTM – Cadastro Técnico Multifinalitário

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO – Demanda Química de Oxigênio

ATP – Adenosina trifosfato

SPP – Secretaria de Pesquisa e Planejamento

NMP – Número Mais Provável

OD – Oxigênio Dissolvido

IQA – Índice de Qualidade da Água

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

SPP – Secretaria de Pesquisa e Planejamento.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CASAN – Companhia Catarinense de Águas e Saneamento

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SUMÁRIO

RESUMO.....	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
LISTA DE TABELAS	X
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XI
INTRODUÇÃO	13
2. OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVO GERAL	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 COLONIZAÇÃO DO OESTE CATARINENSE	16
3.2 UNIDADES HIDROGRÁFICAS.....	18
3.3 MONITORAMENTO EM ECOSISTEMAS AQUÁTICOS.....	20
3.3.1 Metais pesados	26
3.3.2 Vegetação ripária	29
3.3.3 Uso do solo	30
3.3.4 Índices de qualidade da água	32
3.3.5 Cadastro Técnico Multifinalitário	33
4. MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	36
4.2 AMOSTRAGEM.....	41
4.3 VEGETAÇÃO MARGINAL/USO DO SOLO	43
4.4 VARIÁVEIS FÍSICAS, QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS	43
4.5 ANÁLISE DOS DADOS	44
4.6 CONSTRUÇÃO DE FIGURAS TEMÁTICAS	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	46
5.1 VEGETAÇÃO MARGINAL/USO DO SOLO.....	46
5.2 VARIÁVEIS FÍSICAS E QUÍMICAS.....	52
5.3 METAIS PESADOS	69
6. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES.....	75
6.1 CONCLUSÕES	75
6.2 RECOMENDAÇÕES.....	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICES.....	84

INTRODUÇÃO

As bases da civilização moderna começaram a ser construídas devido à busca da subsistência do homem nos recursos naturais. As primeiras comunidades humanas foram estabelecidas preferencialmente próximo aos cursos d'água, onde praticavam agricultura de forma rudimentar, em pequena escala e em consonância com os recursos existentes, causando mínimo impacto aos ecossistemas naturais.

Com o crescimento das populações humanas e suas atividades econômicas, de forma mais acentuada nos últimos 50 anos, aumentou também a demanda por espaço físico e recursos, especialmente a necessidade de água (TUNDISI, 2003). A manutenção do atual padrão de vida, nas mesmas bases extrativistas, têm promovido a degradação sistemática dos ecossistemas ao ponto de ameaçar a própria sobrevivência das espécies.

Em relação aos ecossistemas aquáticos, nos ambientes protegidos pela vegetação e com menor pressão antrópica, o meio apresenta maior capacidade de absorver as alterações provocadas pelas atividades humanas, ou seja, possui maior capacidade de resiliência (GUNDERSON, 2000).

Por outro lado, o uso inadequado do solo faz com que elementos sejam carregados para os corpos hídricos, comprometendo a sobrevivência das comunidades biológicas que dependem da integridade destes ecossistemas, assim como o uso econômico e de abastecimento das populações humanas.

Assim, percebe-se que os recursos hídricos possuem importância estratégica para o desenvolvimento econômico e para a qualidade de vida, sendo imprescindível à manutenção da qualidade da água na otimização dos gastos públicos com abastecimento e com saúde pública.

Porém, as soluções para o controle da poluição da água não são encontradas considerando-se apenas a água, mas sim, o ciclo hidrológico como um todo em uma determinada bacia hidrográfica (ODUM, 1988).

Neste contexto, a falta de planejamento na ocupação das bacias hidrográficas, com uso inadequado do solo, ocupação das margens dos rios para habitação, comércio, indústrias e agricultura são práticas que têm contribuído sistematicamente para o declínio da qualidade água em todo o planeta.

A microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, está localizada no município de Chapecó, região Oeste do estado de Santa Catarina, cuja economia,

historicamente, está alicerçada na exploração dos recursos florestais, na criação de animais de corte e nas atividades agroindustriais. Nas últimas décadas a intensificação destas atividades, além do acelerado crescimento populacional, têm alterado significativamente a dinâmica dos ecossistemas naturais e o aumento da demanda por água têm promovido a degradação progressiva dos recursos hídricos. A crescente intervenção antrópica sobre estes ambientes indica a necessidade de estudos para compreensão da dinâmica e funcionamento destes ecossistemas de modo a garantir a integridade destes recursos e sua disponibilidade para as futuras gerações.

Partindo-se da premissa de que o planejamento das microbacias hidrográficas, baseados no entendimento da dinâmica destas unidades hidrográficas, são ações importantes para garantir a integridade dos recursos hídricos, este estudo teve por objetivo avaliar os aspectos limnológicos dos rios do município de Chapecó, pertencentes à microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, através da influência das atividades desenvolvidas no entorno dos rios e da caracterização e quantificação da vegetação marginal, sobre as variáveis físicas e químicas da água e do sedimento.

Os dados coletados nesta pesquisa são importantes para subsidiar as intervenções imediatas e planejamento das ações futuras de recuperação e manejo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar os aspectos limnológicos dos rios do município de Chapecó, pertencentes à microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, no que tange às variáveis físicas e químicas da água, uso e ocupação de solo e grau de preservação da vegetação marginal.

2.2 Objetivos Específicos

- Realizar o monitoramento dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, através do estudo das variáveis físicas e químicas da água, espacial e temporalmente;
- Avaliar o efeito das atividades desenvolvidas no entorno dos rios, através do levantamento do uso e ocupação do solo;
- Caracterizar e quantificar a vegetação marginal e a influência da presença ou ausência desta vegetação sobre a qualidade da água.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Colonização do Oeste Catarinense

O uso da terra, constituído ao longo dos processos de desenvolvimento econômico de uma determinada região, é o maior fator de contribuição na consolidação dos passivos ambientais.

Em relação ao estado de Santa Catarina, a ocupação dos campos para criação de gado e exploração da erva-mate no século XIX; a exploração da madeira e comercialização de terras no século XX foram atividades que impulsionaram a ocupação do Oeste Catarinense (WERLANG, 2002).

No início da colonização, a região oeste possuía grande parte do seu território coberto por matas de Araucárias e ecossistemas associados. A partir de 1917, com o estabelecimento das primeiras empresas colonizadoras, teve início a exploração da região da mata. As árvores eram cortadas e arrastadas até o Rio Uruguai, de onde eram transportadas para a Argentina no período de cheias do rio, em forma de balsas (BELLANI, 1991).

Após a retirada da madeira, as terras eram vendidas aos colonos para servir principalmente às atividades relacionadas à agricultura familiar. A demarcação dos lotes era subordinada aos cursos d'água, onde os leitos dos rios serviam como marco para demarcação dos terrenos, que possuíam cerca de 30 hectares, sendo uma política governamental a colonização baseada nas pequenas e médias propriedades (WERLANG, 2002; 2006).

A partir da década de 20 até as décadas de 40-50, mais de uma dezena de companhias colonizadoras e madeireiras instalam-se na região. O extrativismo da madeira acontecia sem controle dos governos municipal e estadual. Em 1918 já eram registradas ações para tentar minimizar a devastação da floresta, através da criação de decretos fixando impostos para cada árvore retirada. Estas medidas não obtiveram êxito devido à falta de fiscalização e a atividade continuou intensa até a supressão quase completa da vegetação original (BELLANI, 1991).

A transferência de capital acumulado pelas empresas colonizadoras e madeireiras dificultou o desenvolvimento econômico da região e o esgotamento dos recursos florestais impulsionou o início de novas atividades econômicas, como a criação comercial de aves e suínos. A atividade de suinocultura teve início na região na década de 20 de forma artesanal, sendo gradativamente consolidada como

atividade econômica. Entre 1945 e 1948 a suinocultura já estava estabelecida como base econômica de muitos produtores rurais, sendo a primeira atividade desenvolvida na região capaz de estimular a migração em grande escala. Em 1952 o suíno tinha excelente valor comercial e praticamente todos os agricultores exerciam também a atividade de suinocultura. A produção em escala, realizada em pequenas propriedades rurais, possibilitou o acúmulo de capital e o surgimento das maiores agroindústrias da América Latina (WERLANG, 2006).

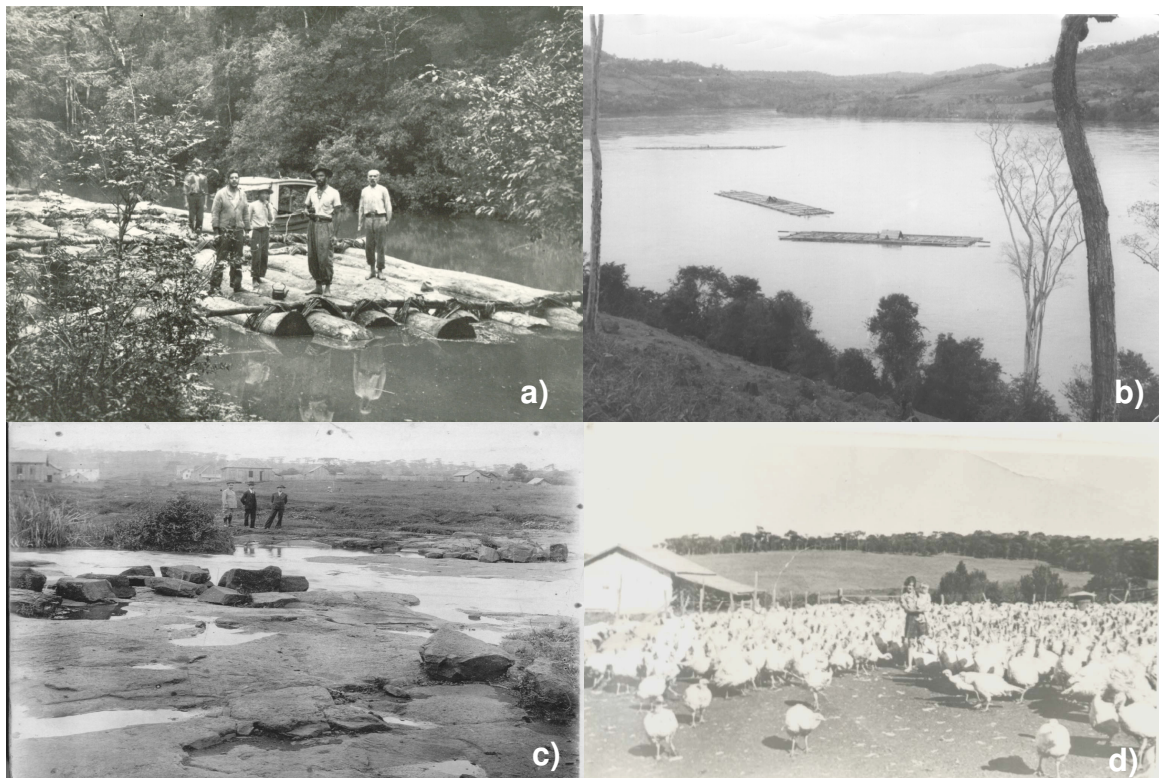


Figura 3.1: a, b) Transporte de madeiras realizado no rio Uruguai através de balsas; c) Lajeado Passo dos Índios no povoado de Xaçepó; d) criação de aves em escala comercial (Fonte: CEOM).

Atualmente a economia encontra-se diversificada, porém ainda baseada na agricultura, especialmente na criação de animais de corte e de leite. O Oeste Catarinense possui a maior bacia leiteira do Estado e o município de Chapecó figura como maior produtor do Oeste, com 19,9% da produção total (SANTOS, 2006). A criação de aves e suínos e a produção de grãos do município também são expressivas na economia regional.

Grande parte destas atividades é desenvolvida em pequenas propriedades rurais, em regime de agricultura familiar, que possuem esta conformação devido às características do relevo, com suas limitações topográficas, bem como ao modelo de

colonização aplicado.

Na região urbana do município de Chapecó destacam-se as indústrias metalmeccânica, moveleira, de embalagens, a prestação de serviços e as Universidades, atividades que têm conferido ao município o título de pólo econômico e capital do Oeste de Santa Catarina.

Todo este processo de desenvolvimento ocorreu somente no sentido econômico, sem o adequado planejamento do uso do solo e sem considerar as condicionantes ambientais necessárias para manutenção da qualidade dos ambientes naturais, resultando em grandes perdas quantitativas e qualitativas, especialmente as relacionadas à vegetação e aos recursos hídricos.

3.2 Unidades hidrográficas

Os rios são sistemas complexos influenciados pelas áreas de drenagem que formam as bacias hídricas. Esta influência deve-se a condições geológicas naturais (tamanho e forma das bacias), clima e intervenção antrópica (TOLEDO & NICOLELLA, 2002).

Tucci (1997) define o papel hidrológico da bacia hidrográfica como transformador de uma entrada de volume de água concentrada no tempo (precipitação), em uma saída (escoamento) de forma distribuída no tempo.

Assim, uma bacia hidrográfica é considerada uma unidade natural limitada pelo escoamento das águas superficiais, ao longo do tempo, resultante da interação da água com o entorno. Considerar a bacia hidrográfica e o uso e ocupação do solo que se faz, são fatores essenciais para a avaliação da degradação ambiental da bacia em questão ou da sua contribuição para degradação de outras (BRIGANTE & ESPÍNDOLA, 2003).

A atual tendência é o desenvolvimento de estudos integrados das unidades hidrográficas, procurando o uso sustentável destas unidades, minimizando o impacto ambiental causado pelas atividades humanas. Para tanto, o primeiro passo é definir qual a dimensão ou escala (bacia, sub-bacia, microbacia) que se pretende avaliar.

Em relação à classificação das unidades hidrográficas, Galvão e Menezes (2005) definem dois principais sistemas adotados no Brasil: Sistema Ottobacias, adotado pela Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente e pela

ANA – Agência Nacional das Águas e CIM – Carta Internacional do Milionésimo, baseado nos interflúvios principais a partir das curvas de nível, adotado pelo IBGE.

O sistema Ottobacias, desenvolvido pelo engenheiro brasileiro Otto Pfafstetter, baseia-se no método de subdivisão e codificação de bacias hidrográficas, utilizando dez algarismos, diretamente relacionados com a área de drenagem dos cursos d'água. As unidades hidrográficas, até o nível 3 são divididas em bacias, interbacias e bacias internas (GALVÃO & MENEZES, 2005).

Outro sistema é adotado em Santa Catarina pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural (Epagri) no programa Microbacias, que consiste em uma série de atividades relacionadas ao uso sustentável dos recursos naturais, utilizando a microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. Segundo Panichi *et al.* (1993) no seu Manual Técnico Para Desenho de Mapas de Microbacias Hidrográficas, utilizado pela Epagri, as unidades hidrográficas são divididas em três níveis: bacia, sub-bacia e microbacia hidrográfica, que é classificada como unidade espacial mínima de um conjunto hidrográfico maior, onde a vazão efluente ocorre diretamente em um outro rio.

Este sistema, desenvolvido por Horton (1945) e modificado por Strahler (1957), classifica os canais primários em uma bacia (nascentes) como canais de primeira ordem. A junção de dois canais primários forma um de segunda ordem, e assim sucessivamente. A junção de um canal de uma dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste. A ordem do canal à saída da bacia é também a ordem da bacia (HORTON, 1945; STRAHLER, 1957; *apud* CHRISTOFOLETTI, 1974).

Na base de dados georreferenciados disponibilizados pela Agência Nacional das Águas, o sistema de classificação denominado Ottobacias difere ligeiramente das unidades hidrográficas georreferenciadas pela Epagri, na nomenclatura e também nos limites destas unidades.

Assim, nota-se que não há uma terminologia única, ou um sistema nacional de classificação de bacias hidrográficas. Na bibliografia o termo microbacia é amplamente utilizado e não foi observado consenso na comunidade científica quanto às suas definições ou delimitação específica, podendo variar de um a 50 Km² ou mais.

Em relação à área de estudo desta dissertação, não há na literatura unidade hidrográfica definida, sendo utilizado o termo microbacia hidrográfica.

3.3 Monitoramento em ecossistemas aquáticos

Segundo Gunderson (2000) o termo resiliência foi introduzido na literatura ecológica como uma maneira de ajudar a compreender a dinâmica não-linear observada nos ecossistemas. O conceito de resiliência ecológica é definido como a quantidade de alteração que o ecossistema pode absorver sem mudar seus processos e estruturas (definidos como estados estáveis alternativos).

Quando o ambiente perde resiliência, ele se torna mais vulnerável a perturbações, que de outro modo seriam normalmente absorvidas. A gradativa perda de resiliência dos ecossistemas aquáticos, fortemente influenciada pelas atividades humanas, e toda a degradação hidrológica decorrente dela é um dos impactos ambientais mais evidentes do sistema tecnocrata vigente (GUNDERSON, 2000).

Um dos fatores que influenciam na perda de resiliência em corpos hídricos é a adição ou despejo de efluentes de diversas origens uma vez que o ciclo hidrológico mantém a água em contato permanente com o ambiente podendo dissolver elementos e carrear outros em suspensão. Em todo o planeta, os efluentes industriais, uso agrícola, dejetos domésticos e outros despejam cerca de quatro bilhões de metros cúbicos de contaminantes no solo a cada ano, sendo que, conseqüentemente, parte deles chegam à água (TOMIGARA & MÍDIO, 1999).

Como resultado destas práticas, os seres vivos são expostos a muitas classes de contaminantes presentes na água e os efeitos desta exposição às diversas formas de poluição ainda são incertos sendo necessários muitos estudos para compreendê-los (SQUILLACE *et al.*, 2002).

Segundo von Sperling (1996), a poluição das águas é a adição de qualquer substância ou forma de energia que, direta ou indiretamente, alterem a natureza do corpo d'água prejudicando os legítimos usos que dele são feitos.

No Brasil os rios são classificados de acordo com o nível de qualidade que deve ser mantido em função dos usos previstos para suas águas, sendo que as destinadas ao abastecimento público e à proteção da vida aquática recebem maiores exigências em relação à qualidade. O uso dos recursos hídricos é estabelecido através da resolução nº 357 de 2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Esta resolução classifica as águas doces nacionais por classes, segundo seus usos preponderantes em:

Classe Especial - destinadas ao abastecimento para consumo humano, à

preservação das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral;

Classes 1 e 2: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação, à irrigação de hortaliças, à aquicultura;

Classe 3: Águas destinadas ao abastecimento doméstico, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à dessedentação de animais, à pesca amadora;

Classe 4: Águas destinadas à navegação.

Cada uso proposto possui padrões específicos, regulamentados na mesma resolução, onde indicadores de qualidade da água são estabelecidos e devem ser monitorados para garantir a segurança dos usuários destes sistemas.

Assim, os programas de monitoramento ambiental em bacias hidrográficas, utilizando indicadores hidrológicos consistentes, são instrumentos importantes de sinalização das mudanças que estejam ocorrendo no ecossistema (LIMA, 1998).

Os rios de Santa Catarina são enquadrados como classe 1, classe 2 ou classe 3 (portaria nº 274/79 do Governo do Estado de Santa Catarina) porém não há um programa permanente de monitoramento que assegure os padrões de qualidade estabelecidos para estes rios. O estado possui expressiva cadeia carbonífera e elevada concentração de suínos e aves, além de outras atividades com grande potencial poluidor, o que justifica a necessidade do monitoramento constante da qualidade hídrica das bacias hidrográficas.

No Oeste Catarinense concentra-se grande parte da produção suinícola do estado, e a maioria dos criadores não possui estruturas adequadas de manejo dos dejetos que, com longos períodos de chuva, podem percolar atingindo os cursos d'água.

A utilização de dejetos de suínos como fertilizante orgânico também pode contribuir para a contaminação dos recursos hídricos quando as quantidades aplicadas forem superiores à capacidade do solo e das plantas absorverem os nutrientes presentes nesses resíduos. O excesso de matéria orgânica promove contaminação das águas superficiais pelo deflúvio quando a capacidade de infiltração da água no solo for baixa e contaminação das águas subterrâneas quando a infiltração da água no solo for elevada (POTE *et al.*, 2001).

Além disso, a grande maioria dos municípios não possui rede de captação e tratamento de efluentes domésticos, que normalmente são despejados nos rios sem qualquer tipo de tratamento.

No Brasil, 75% dos efluentes são lançados nos rios sem tratamento adequado, sendo que a região sul possui o segundo pior índice (IBGE, 2000). Em Santa Catarina, apenas dez municípios possuem rede coletora e estação de tratamento de esgotos sanitários, seis deles ainda com obras em execução (CASAN, 2007).

No município de Chapecó, a rede coletora de esgotos está em fase de implantação. Até o início do ano de 2007, 62.958 habitantes foram beneficiados com a disponibilidade da rede, representando 36% da população total do município (CASAN, 2007). Porém, devido aos custos elevados da ligação doméstica, estima-se que um percentual mínimo de residências beneficiadas estão efetivamente adequadas.

O lançamento de efluentes não tratados em corpos d'água não é somente um problema local, ocorre em nível nacional e em grandes proporções, sendo considerado o principal fator de deterioração das águas das microbacias hidrográficas.

Como a qualidade das águas em uma microbacia depende da natureza geológica do terreno, da cobertura vegetal e do uso e ocupação do solo, uma avaliação da correlação destes condicionantes em águas superficiais irá refletir a contribuição do uso antrópico sobre a microbacia.

Uma das formas de avaliar os impactos ambientais em ecossistemas aquáticos é a medição de alterações nas concentrações de variáveis físicas, químicas e biológicas. Os programas de monitoramento das águas utilizam estes e outros indicadores ambientais, tanto na determinação da dinâmica dos ecossistemas aquáticos quanto na avaliação da qualidade sanitária dos afluentes. Análises executadas em diferentes estações do ano podem detectar alterações na integridade do ambiente, pois chuvas torrenciais após períodos de estiagem carregam detritos da bacia de drenagem para dentro dos cursos d'água (KRUSCHE, 1989; GOULART & CALLISTO, 2003).

Uma das variáveis ambientais importantes na detecção de fontes poluidoras é a condutividade elétrica da água. A análise desse fator permite verificar a influência direta e indireta das atividades desenvolvidas nas bacias hidrográficas como lançamentos de efluentes domésticos ou industriais e atividades agrícolas onde o resultado da poluição pode ser detectado pelo aumento da condutividade elétrica no curso d'água (MORAES, 2001).

Ainda em relação à matéria orgânica, a introdução deste material pode também

reduzir significativamente o teor de oxigênio dissolvido de um corpo hídrico, o que é evidente em águas que recebem forte contribuição de esgoto ou lançamento de dejetos (BRANCO, 1986, *apud* GUERESCHI & FONSECA-GRESSNER, 2000).

Como o oxigênio é um dos gases dissolvidos mais importante na dinâmica de ecossistemas aquáticos e a solubilidade deste elemento depende da temperatura e pressão do ambiente (ESTEVES, 1998), o excesso de matéria orgânica, e diminuição da pressão resultam na redução da solubilidade do oxigênio na água.

Além do despejo de efluentes, tanto no meio urbano como no meio rural, as perdas de solo por erosão constituem-se nas principais contribuições antrópicas de sólidos para as águas superficiais (Von SPERLING, 1996; BRAGA *et al.*, 2002). Os sólidos correspondem a todas as impurezas presentes na água e, apesar da contribuição antrópica ser mais significativa no aumento deste fator, originam-se também do processo natural de erosão dos solos e intemperismo das rochas (PORTO *et al.*, 1991; CARVALHO, 1994).

Outro indicador ambiental, característico do uso inadequado do solo, é o alto grau de turbidez da água. Segundo Braga *et al.* (2002), o grande problema do aumento da turbidez, e conseqüentemente a redução da transparência da água, é a redução nas taxas fotossintéticas e o elevado grau de dificuldade na procura de alimento para algumas espécies, o que pode gerar desequilíbrios ambientais.

As variáveis ambientais DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio) são parâmetros mundialmente utilizados como ferramenta de avaliação potencial de recursos hídricos e resíduos industriais, refletindo grande parte da matéria orgânica presente na água.

A $DBO_{5,20}^1$ é normalmente considerada como a quantidade de oxigênio consumido durante um determinado período de tempo, numa temperatura de incubação específica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir ao completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Os maiores aumentos em termos de DBO num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica (CETESB, 2005).

Em relação à DQO, esta variável reflete a quantidade de oxigênio consumido por materiais e substâncias orgânicas e minerais oxidadas em condições definidas. Em análises de águas este parâmetro pode estimar o potencial poluidor (consumidor

¹ Período de 5 dias em temperatura de incubação de 20°C (CETESB, 2005).

de oxigênio) de efluentes e seu impacto em ecossistemas aquáticos (CETESB, 2005; ROCHA *et al.* 1990).

Outro fator importante a ser avaliado em programas de monitoramento das águas é a quantidade de nutrientes, essenciais ao equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, pois deles dependem os organismos responsáveis pela produção primária e, conseqüentemente toda cadeia trófica.

Por outro lado, o aumento excessivo de nutrientes pode causar a eutrofização das águas, que é caracterizada pela elevada produção do fitoplâncton, como resultado de um enriquecimento em nutrientes. É um grave problema ambiental, pois causa a degradação da qualidade química das águas. Segundo Harper (1992), uma das principais causas da eutrofização são as atividades antropogênicas que resultam no aumento dos níveis de fósforo e outros nutrientes nos recursos hídricos.

O fósforo em níveis normais é um elemento importante nos sistemas biológicos, pois participa de processos fundamentais no metabolismo dos seres vivos, como armazenamento de energia (ATP), estruturação da membrana celular, componente dos ácidos nucléicos, nucleotídeos, fosfoproteínas, etc. Na água, parte do fosfato é liberado ainda na coluna d'água e parte deposita-se no sedimento. Após a decomposição dos detritos e, dependendo das condições físicas e químicas do meio, o fosfato é então retirado do sedimento ou liberado para a coluna d'água. Também é o principal fator limitante em ambientes limnológicos (ESTEVES, 1998).

A principal fonte natural de fosfato em ecossistemas aquáticos continentais são as rochas que constituem a bacia de drenagem (GUERESCHI & FONSECA-GESSNER, 2000).

Ainda em relação aos nutrientes, Melão (1997) considera o nitrogênio um dos mais importantes em águas continentais, pois junto com outros elementos (carbono, fósforo e hidrogênio) participa da constituição básica das biomoléculas.

O excesso de nitrogênio porém, constitui um risco ambiental e dentre os compostos oxidados de nitrogênio que podem constituir risco para a saúde humana, incluem-se o nitrogênio amoniacal e albuminóide, nitrito e nitrato (ALABURDA & NISHIHARA, 1998).

Amonificação é a formação de amônia (NH_3) durante o processo de decomposição, tanto aeróbia como anaeróbia, da matéria orgânica pelos organismos heterotróficos. A amônia também é o principal produto excretado por animais aquáticos e, sendo um gás, este se difunde para a atmosfera podendo

acarretar perdas significativas de nitrogênio no ecossistema aquático (ESTEVES, 1998).

O nitrito (NO_2^-) normalmente é encontrado em baixas concentrações em ambientes oxigenados, sendo a forma intermediária entre amônia e nitrato. É um elemento extremamente tóxico à maioria dos organismos aquáticos. Grandes quantidades destes nutrientes indicam poluição orgânica (ESTEVES, 1998).

O nitrato (NO_3^-) pode ter várias fontes de origem, naturais ou antrópicas, como chuvas, florestas, áreas agrícolas, resíduos orgânicos, decomposição vegetal, criação de animais domésticos e geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais (BOUCHARD *et al.*, 1992).

O incremento de nitrogênio em águas profundas, sendo as águas superficiais uma das fontes de contaminação, têm sido observado de forma mais intensa nos últimos trinta anos (TIMOTHY *et al.*, 2002).

Além dos fatores físicos e químicos, outro condicionante ambiental a ser considerado em programas de monitoramento das águas é a presença de organismos biológicos presentes nos efluentes de origem animal.

Na água, é relativamente comum a presença de bactérias do gênero *Enterobacteriaceae* (coliformes), que podem ser responsáveis por uma variedade de doenças, principalmente do trato intestinal (MURRAY, 2000; SOARES & MAIA, 1999).

Os coliformes totais, bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não esporogênicos e oxidase-negativos e fazem parte da microbiota residente do trato gastrintestinal do homem e de alguns animais. A presença de coliformes totais não é uma indicação útil de contaminação fecal, pois este grupo inclui diversos gêneros e espécies de bactérias não entéricas como *Serratia* e *Aeromonas*. No entanto, a sua presença e número são indicativas da qualidade higiênico-sanitária de um afluente (TORTORA, 2000).

Os coliformes termotolerantes diferenciam-se dos coliformes totais por fermentarem lactose com produção de gás a uma temperatura de $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ em 24 horas. O principal representante do grupo termotolerante e o indicador mais específico de contaminação fecal e de eventual presença de organismos patogênicos é a *Escherichia coli*. Cerca de 90% dos coliformes presentes nas fezes humanas e de outros animais são *E. coli*, sendo o melhor indicador de contaminação fecal (SILVA *et. al*, 2000).

A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratífóide, desintéria bacilar e cólera (CETESB, 2005).

Um compartimento importante no estudo dos ecossistemas aquáticos é o sedimento de fundo. O sedimento é resultado da constante e contínua interação dos processos de intemperismo e erosão que ocorrem em rochas e seus produtos, no sistema de drenagem das bacias hidrográficas. No sedimento ocorrem processos físicos, químicos e biológicos que influenciam o metabolismo de todo o sistema, sendo um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais devido à ciclagem da matéria e fluxo de energia. O sedimento pode revelar a intensidade e as formas de impactos do ambiente (ESTEVEZ, 1998; LICHT, 1998).

Do ponto de vista ecológico, o sedimento é habitat da comunidade bentônica, micro e macrofauna que processam a matéria orgânica e servem de alimento para os níveis tróficos superiores. Sendo assim, o sedimento é parte importante da cadeia alimentar em ambientes aquáticos servindo para bioacumulação e transferência de energia entre os níveis tróficos (CHAPMANN, 1990; BURTON *et al.*, 2001).

O teor de matéria orgânica do sedimento é resultado do aporte de matérias alóctones das áreas marginais, provenientes da ação antrópica ou da deposição de detritos orgânicos e pode influenciar a biodisponibilidade de metais pesados no ambiente (RODRIGUEZ, 2001).

3.3.1 Metais pesados

A maioria dos metais ocorre naturalmente na crosta terrestre, sendo o intemperismo das rochas que compõem a bacia de drenagem e a erosão de solos ricos nesses minerais os fatores de contribuição natural mais relevantes para os ecossistemas aquáticos (ESTEVEZ, 1998).

Os metais pesados são uma classe perigosa de contaminantes e contribuem de forma significativa para a poluição do ar, da água e do solo tendo criado graves problemas em escalas local e global, levando a um estresse da natureza, associado aos seus efeitos crônicos à saúde humana e de outros animais (BRAYNE, 1998).

A disposição de efluentes industriais contendo metais pesados em fontes hídricas é o maior fator antropogênico responsável pela poluição de ambientes

aquáticos. Metais pesados em água persistem por mais tempo que poluentes e percolam da superfície para as camadas subterrâneas sendo o sedimento de fundo o principal compartimento de acumulação, reprocessamento e transferência destes elementos, que podem ser disponibilizados para a biota através de mudanças de fatores físico-químicos (MOREIRA & BOAVENTURA, 2003; PATHAK *et al.*, 1994).

Mesmo que os efluentes estejam dentro das normas legais de lançamentos, os metais pesados e pesticidas podem ser tóxicos se acumulados. Os efluentes contaminados podem degradar as inter-relações biológicas, extinguindo espécies e gerando problemas de qualidade de vida para as populações que utilizam aquele recurso (BUSS *et al.*, 2003).

A contaminação de sistemas aquáticos por metais é facilitada pela dispersão de materiais particulados no ambiente. Esses elementos, uma vez no ar ou no solo, são facilmente carregados para os sistemas aquáticos, podendo ficar disponíveis ou retidos nos sedimentos. A afinidade dos metais pelas partículas sólidas, as quais tendem a se sedimentar, controla o tempo de residência e a sua concentração na água (STUMM & MORGAN, 1996).

Muitas atividades humanas eliminam metais como subproduto de processos industriais e agropecuários, resultando na deposição de elevados níveis, principalmente de chumbo, cádmio, mercúrio e zinco, que são transportados direta ou indiretamente para os corpos d'água. Por isso, quantificar a concentração de metais é importante para considerar os efeitos destes materiais nas comunidades bióticas (aquáticas e terrestres) e os riscos associados à saúde pública (LEITE, 2002; LEITE *et al.*, 2004; SUGIYAMA *et al.*, 2005).

Por outro lado, muitos desses elementos são também essenciais para a vida, sendo que as concentrações naturais estão na faixa de parte por milhão ou parte por bilhão e são fornecidos naturalmente nas quantidades necessárias para a manutenção saudável do ciclo vital.

Entre os metais essenciais estão o manganês (importante em processos fisiológicos relacionados à respiração das plantas e essencial em processos fisiológicos dos animais) e o cobre (essencial para o metabolismo de plantas e animais). O cobre é bioacumulativo e a tolerância ao elemento pode variar conforme a espécie e o período; a acumulação passiva depende do tempo de exposição, podendo variar de semanas a anos (NAVAS-PEREIRA *et al.* 1985; BARCELOUX, 1999).

A ingestão de pequenas doses diárias de zinco também é importante para o bom funcionamento do sistema imunológico. O zinco normalmente não é acumulativo, mesmo com exposição contínua efeitos tóxicos para o seres humanos são raros (VAZ & LIMA, 2003). A mineração, purificação de Zn, Pb e Cd, produção de aço, queima de carvão e lixo são as principais fontes antropogênicas de zinco em ambientes aquáticos.

O ferro, essencial no transporte do oxigênio para as células, em corpos hídricos frequentemente está associado ao manganês. Em concentrações superiores a 0,3 mg/L pode conferir um sabor amargo adstringente e coloração amarelada e turva à água. Os sais ferrosos, bastante solúveis em água, são facilmente oxidados e formam hidróxidos férricos que tendem a flocular e depositar. Águas com ferro na forma ferrosa e a presença de manganês na forma manganosa, que são formas solúveis, se não removidos formam óxidos amarronzados, alterando as características organolépticas da água (MACÊDO, 2001).

Dentre os metais que não possuem nenhuma função biológica conhecida, o Cádmiio é um elemento extremamente tóxico usado em numerosos materiais como revestimento à prova de corrosão, em ligas metálicas, pigmentos, estabilizadores, manufaturas de PVC, fertilizantes fosfatados, baterias de veículos, revestimentos eletrolíticos de metais, entre outros (KUMAR *et al.*, 2000).

O chumbo também é um elemento tóxico amplamente utilizado nas atividades extrativistas, indústrias de tintas e corantes, de cerâmicas e bélicas. A emissão de gases por veículos automotores é outra fonte permanente de emissão de chumbo para a atmosfera. A ingestão de alimentos e líquidos é a forma de contaminação mais freqüente a que os seres vivos estão expostos (LARINI, 1993). O chumbo é um dos metais que tende a acumular-se nos tecidos dos seres vivos.

O cromo é um elemento raramente encontrado em águas naturais não poluídas. O cromo trivalente presente nas águas decorre principalmente do lançamento de despejos de curtumes. A presença do cromo hexavalente advém de despejos de indústrias que utilizam processos de cromagem de metais, galvanoplastias, indústria de corantes, explosivos, cerâmica, vidro, papel, etc. Apesar de não ser cumulativo, por bloquear enzimas responsáveis por determinados processos metabólicos, pode ser prejudicial à saúde em concentrações maiores que 11 mg/L (SEILER & SIGEL, 1988).

Os metais não essenciais podem também ocorrer em águas naturais não poluídas, porém em quantidades mínimas e não chegam a causar danos aos sistemas biológicos.

3.3.2 Vegetação ripária

Como parte integrante de um sistema aquático equilibrado, a flora e a fauna são influenciadas pelo ambiente físico do corpo d'água, que está estreitamente relacionado às atividades e intervenções humanas realizadas à sua volta (TATE & HEINY, 1995).

A cobertura vegetal, essencial na manutenção da integridade dos ecossistemas aquáticos, exerce papel fundamental na manutenção do ciclo da água, protegendo o solo do impacto da chuva, aumentando a porosidade e permeabilidade através da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial e fornecendo matéria orgânica que mantém a umidade e fertilidade. A presença de mata nativa diminui a perda do solo e aumenta a capacidade de retenção da água (BELTRAME, 1994).

Assim, as zonas ripárias e áreas com saturação hídrica, temporária ou permanente, encontradas ao longo das margens da rede de drenagem, exercem importante função do ponto de vista hidrológico, ecológico e geomorfológico (ZAKIA *et al.*, 2006).

A retirada da cobertura vegetal expõe o solo à lixiviação superficial (que leva consigo a deposição orgânica de vegetais e sua microfauna associada) e à lixiviação profunda (que promove uma lavagem dos nutrientes nas camadas subseqüentes). Tais processos resultam em empobrecimento do solo e conduzem o material para áreas mais baixas, que em geral convergem para os rios. Estas alterações químicas e ecológicas no sistema aquático conduzem ao desequilíbrio da fauna e flora dos corpos de água resultando em prejuízos econômicos para a região. Isto se reflete na disponibilidade dos recursos pesqueiros e no aumento do custo de aquisição e tratamento da água para consumo (CARVALHO *et al.*, 2000).

O conhecimento atual sobre a importância das regiões ripárias e dos serviços ecológicos que esta vegetação realiza, não impedem a crescente degradação que estas áreas vêm sofrendo ao longo dos anos, mesmo legalmente protegidas.

O Código Florestal brasileiro considera área de preservação permanente, coberta ou não por vegetação nativa, a que possui função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo

gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. Em relação aos recursos hídricos, a faixa mínima de preservação da vegetação nativa com função de proteção dos cursos d'água é de 30 metros, ampliada para 50 metros no caso de nascentes.

O reconhecimento legal da zona ripária como parte integrante da dinâmica espacial e temporal das diferentes condições ecológicas e geomorfológicas das microbacias, e dos serviços ambientais desempenhados pelo ecossistema ripário poderia ser considerado um avanço importante no sentido de preservar a integridade dos recursos hídricos no país.

No entanto, a resolução 369/06 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) autoriza a supressão ou intervenção desta vegetação, para a implantação de obras, planos, atividades ou projetos de utilidade pública ou interesse social, ou para a realização de ações consideradas eventuais e de baixo impacto ambiental. Um dos casos previstos na resolução é a regularização fundiária sustentável de área urbana, que permite a redução da faixa de APP de 30 para 15 metros. A resolução não estabelece critérios para o termo "sustentável".

Da mesma forma, o Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial do município de Chapecó, através da lei complementar nº 281/06 e, valendo-se da Resolução do CONAMA, legaliza a redução da faixa de APP de 30 para 15 metros em situações consolidadas (não cita casos de especial interesse social) que incluem até mesmo os terrenos sem edificações situados em áreas parceladas, sem critérios técnicos ou autorização expressa por meio de órgão ambiental que comprove a condição de baixo impacto ambiental.

Ou seja, na delimitação e manejo sustentável da faixa de APP, considerados como essenciais à preservação da qualidade ambiental dos ecossistemas aquáticos, observa-se um retrocesso nos planejamentos realizados por governos municipais, estaduais e federal, que vêm promovendo o progressivo, porém sistemático, abrandamento da legislação.

3.3.3 Uso do solo

Em termos de qualidade de ecossistemas naturais, especialmente dos recursos hídricos, a primeira preocupação reside na manutenção de sua integridade, mas

esta depende invariavelmente de práticas adotadas no uso da terra ao longo de toda a extensão da microbacia.

Segundo Goulart e Calisto (2003) os principais processos degradadores observados em função das atividades humanas nas bacias de drenagem são o assoreamento e homogeneização do leito de rios e córregos, diminuição da diversidade de habitats e microhabitats e eutrofização artificial (enriquecimento por aumento nas concentrações de fósforo e nitrogênio). A expansão das fronteiras agrícolas e o intenso uso da terra têm gerado impacto significativos na produção de sedimentos e nutrientes nas bacias rurais, resultando em perda de solo fértil e assoreamento dos rios, tendo como consequência uma expressiva queda da qualidade da água e perda de biodiversidade aquática, em função da desestruturação do ambiente físico, químico e alteração da dinâmica natural das comunidades biológicas.

Em relação à ocupação urbana, os despejos de efluentes, domésticos e industriais e a ocupação das margens dos rios são os principais fatores de degradação da qualidade da água.

No município de Chapecó, a ocupação urbana é considerada esteticamente planejada, com quadras bem delimitadas, ruas e avenidas de traçado cartesiano. Este planejamento, porém, não leva em consideração o relevo do terreno, o curso natural dos rios e sangas ou áreas alagadiças. Como resultado, dos cerca de 40.000 lotes registrados no município, 3.910 possuem área total ou parcialmente localizada às margens dos rios e sangas, em área de preservação permanente (SPP, 2006). Outro fator de destaque é a extensão de segmentos canalizados e retinizados para atender o modelo de urbanização.

Uma das formas de estabelecer a maneira mais adequada de utilização racional dos espaços geográficos em uma bacia hidrográfica e prevenir a deterioração dos ambientes aquáticos é o planejamento do uso e ocupação do solo. Este planejamento pode acontecer através dos comitês de gerenciamento de bacias hidrográficas ou do plano diretor municipal.

O Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial do município de Chapecó, instituído através de lei complementar nº 202 de 2004, considera a qualificação ambiental através do conjunto natural e construído, prevendo a sustentabilidade das áreas de preservação e a recuperação de ambientes degradados. No programa de requalificação ambiental de córregos urbanos o Plano tem como meta identificar e

conhecer a situação ambiental dos córregos localizados em áreas urbanas consolidadas, direcionando para um processo de reestruturação e qualificação ambiental dos elementos naturais.

Dentro das diversas unidades de desenvolvimento do município, estão as macrozonas, macroáreas, as unidades funcionais, ambientais, de conservação, industriais e as áreas especiais. Dentre as unidades de interesse ambiental, estão as Unidades Ambientais de Requalificação Urbana (UARU), que compreendem as faixas *non aedificandi* ao logo dos córregos urbanos, onde são previstos os programas de requalificação destes córregos, promovendo a valorização da paisagem urbana.

Assim, observa-se que os rios estão legalmente protegidos em todas as esferas, tanto em relação à manutenção da vegetação ripária, quanto à regulamentação das atividades realizadas no entorno. Na prática, porém, a intensa pressão econômica a que estas áreas são submetidas, dificulta o cumprimento desta legislação, que acaba sendo modificada para atender estas demandas. No caso do município de Chapecó, o Plano Diretor deveria ser o instrumento utilizado para minimizar os efeitos do modelo de urbanização tecnicista aplicados até então que, como dito anteriormente, desconsiderou os elementos naturais, promovendo o desaparecimento de grandes áreas alagadiças e a deterioração progressiva dos recursos hídricos. O que se observa, porém, é que além de os programas de monitoramento e requalificação não terem sido implantados, a pressão imobiliária sobre as áreas *non aedificandi* (que compreendem banhados e faixa ciliar) teve como resultado a redução da faixa ciliar.

Segundo Dumanski e Pierri (2000), os impactos das intervenções humanas nos recursos naturais levam a humanidade a enfrentar uma situação onde o manejo sustentável dos recursos naturais torna-se mais importante que o suprimento em produtos para o desenvolvimento, tendo em vista que a sobrevivência humana, e o próprio desenvolvimento dependem dos recursos naturais. A degradação ambiental e o manejo equivocado destes recursos estão induzindo a um aumentando dos investimentos em recuperação de áreas degradadas.

3.3.4 Índices de qualidade da água

Cada sistema lótico possui características próprias. Para indicar um padrão em sistemas hídricos é difícil de estabelecer uma única variável, sendo recomendável o

estabelecimento de um conjunto de variáveis que reflitam um índice de qualidade das águas. Os programas de monitoramento de águas superficiais utilizam estes índices para acompanhar a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo (TOLEDO & NICOLELLA, 2002). Os indicadores de qualidade da água são variáveis que se correlacionam com alterações, antrópicas ou naturais, que ocorrem na microbacia.

Os índices consistem basicamente de uma expressão de parâmetros complexos utilizados para mensurar a qualidade da água (FERNÁNDEZ *et al.*, 2002) e permitem reduzir e simplificar um grande número de informações, podendo ser expressos com números, classes, descrição verbal, símbolos ou cores e têm sido utilizados por organizações envolvidas no controle de qualidade da água de diferentes nacionalidades (van HELMOND & BREUKEL, 1997).

Normalmente os índices são construídos em três etapas: **a)** seleção dos parâmetros, que deverão ser escolhidos baseados nas circunstâncias do estudo (tempo, localização, legislação pertinente), modelos existentes, e opinião de especialistas; **b)** determinação de subíndices (peso para cada parâmetro) de acordo com o modelo ou critério adotado, utilizando escala de valores para cada parâmetro de acordo com as diferentes unidades em que são expressos; **c)** determinação do índice de qualidade da água, com agregação das expressões matemáticas onde foram calculados os subíndices, agrupando-os para a fórmula geral que irá compor o índice (van HELMOND & BREUKEL, 1997; FERNÁNDEZ *et al.*, 2002).

A utilização de índices demonstrativos de qualidade das águas é uma importante ferramenta de informação básica para o público em geral e para o gerenciamento ambiental sendo o conhecimento da quantidade e da qualidade dos recursos hídricos essencial ao seu manejo (ZAGATTO *et al.*, 1999).

3.3.5 Cadastro Técnico Multifinalitário

Com a evolução das pesquisas sobre ambientes aquáticos, cada vez mais utilizam-se técnicas multidisciplinares para estudar estes ecossistemas. Compreender as interações dos cursos d'água com seu entorno são essenciais para melhor interpretar os resultados das pesquisas bem como para implementar planos de gerenciamento e manejo das bacias hidrográficas.

Uma das ferramentas com uso em ascensão nos diagnósticos ambientais é o Cadastro Técnico Multifinalitário. O CTM representa um vasto campo de aplicação,

abrangendo desde tecnologias para medições ao imobiliário, o mapeamento temático, seja fundiário, uso do solo, geologia, planialtimétrico, solo, rede viária, rede elétrica; a legislação que rege a ocupação territorial de modo a complementar as informações ambientais e auxiliar na compreensão da amplitude dos impactos antrópicos sobre os ecossistemas (LOCH, 2001).

Em ambientes urbanos, a complexidade e concentração das atividades que afetam os ambientes aquáticos podem ser identificadas através de mapas temáticos que contém informações sobre os diferentes tipos de uso de cada imóvel cadastrado, ou de uma região específica. Os mapas temáticos auxiliam visualmente nas estruturas sociais e territoriais existentes e organizam as diferentes ações do sistema de atores. Todo este processo, desde o levantamento socioeconômico e ambiental até suas potencialidades humanas e estruturais em um determinado espaço e tempo podem facilmente ser rastreadas e mapeadas pela cartografia e suas tantas derivações (ARNS, 2004).

O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é um sistema complexo que envolve uma série de elementos como informações cartográficas, computadores, softwares, bancos de informações, e que possibilita o armazenamento destes dados num ambiente único, onde é possível analisar, manipular e demonstrar graficamente as informações georreferenciadas.

As informações cadastrais do SIG permitem delimitar espacialmente as principais classes de uso do solo e caracterizar o seu impacto sobre a qualidade ambiental, sendo imprescindível o emprego destas informações na prática de gestão, que deve definir a melhor política de desenvolvimento e planejamento (KARNAUKHOVA *apud* BORTOT & LOCH, 2004).

A aplicação do CTM no presente trabalho consiste na integração da base cartográfica digitalizada, imagem de satélite, banco de dados da Prefeitura Municipal de Chapecó e resultados das análises ambientais da microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, utilizando as ferramentas do SIG (Sistema de Informações Geográficas) e SR (Sensoriamento Remoto). O objetivo principal proporcionar suporte à pesquisa e formar um banco de dados e difusão de informações técnicas sobre a condição ambiental desta microbacia e, assim, subsidiar políticas de gestão ambiental.

Diante do exposto anteriormente e, devido à necessidade de avaliar de forma integrada o comportamento de sistemas hídricos através de indicadores que possam

evidenciar as causas ou tendências qualitativas do sistema, procurou-se neste trabalho, contribuir para o desenvolvimento de estudos de diagnóstico ambiental, com ênfase nos ambientes aquáticos naturais, sendo disponibilizado para o planejamento do desenvolvimento sustentável da região em estudo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Área de Estudo

O município de Chapecó, localizado na região oeste do Estado de Santa Catarina, posição geográfica 27°05'42" latitude sul e 52°37'04" longitude oeste, possui área de unidade territorial de 624,3 km² (IBGE, 2007).

A população do município é de 164.922 habitantes, dos quais 93% residem na área urbana e 7% na área rural (IBGE, 2007). Segundo classificação da Epagri, a área urbana do município possui três unidades hidrográficas: microbacia do Lajeado São José, microbacia do Lajeado Passo dos Índios e microbacia do rio Irani (Fig. 4.1), que pertencem a sub-bacia hidrográfica do Alto Uruguai (ANA, 2007).

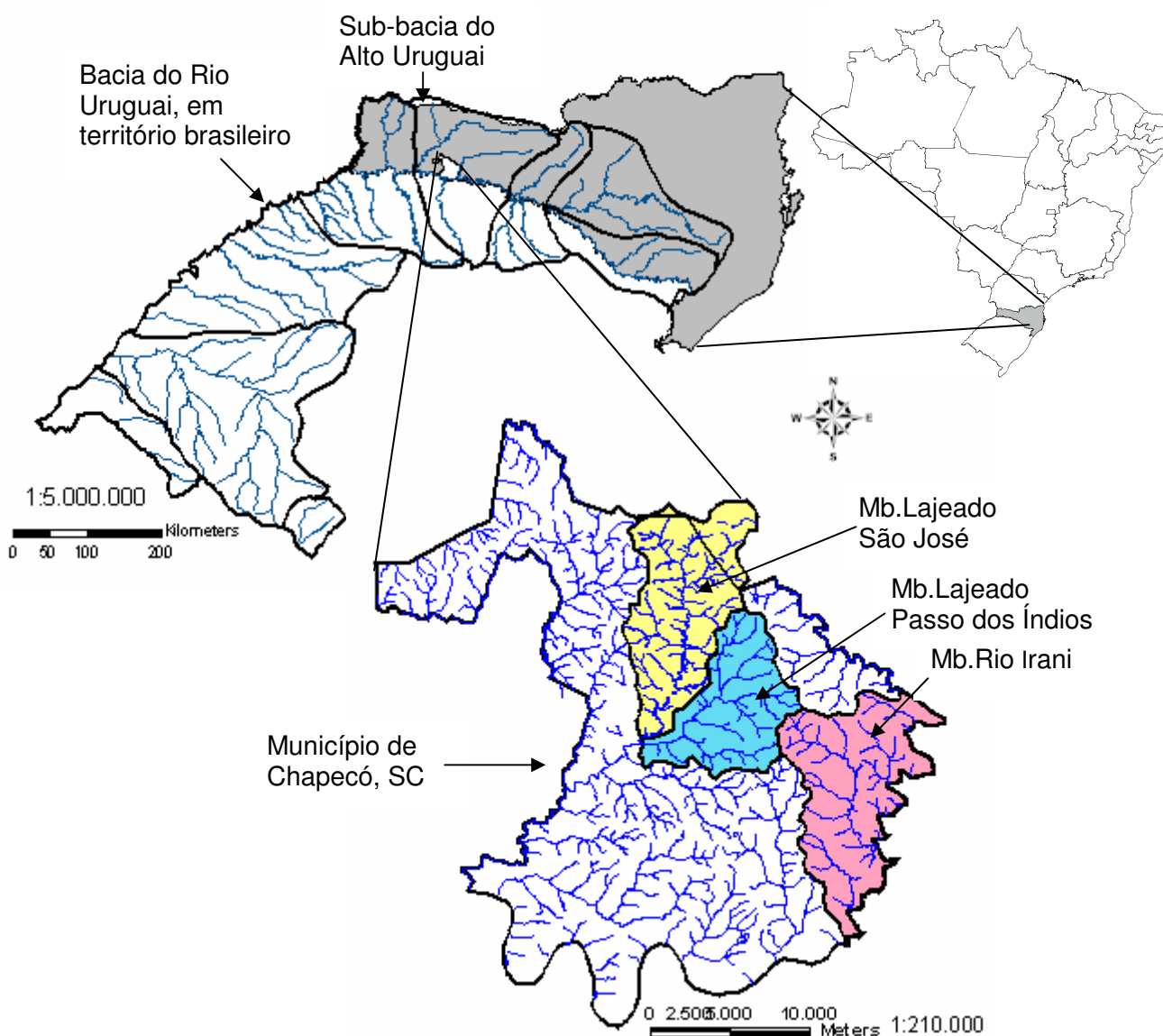


Figura 4.1: Delimitação das principais microbacias da área urbana do município de Chapecó (Fonte: ANA, 2007; Epagri, 2007; SPP, 2006).

A área de estudo localiza-se predominantemente no perímetro urbano (Fig. 4.2) abrangendo a microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios e seus tributários: Sanga Bela Vista, Lajeado Passo dos Fortes, Sanga Iracema, Rio A, Sanga Santo Antônio e Lajeado Palmital (Fig. 4.3). A microbacia do Lajeado Passo dos Índios possui área de drenagem aproximada de 5,57 Km². A área de drenagem e extensão aproximada dos tributários foi calculada utilizando-se o software Arc View Gis® 9.0 e está representada na Tabela 4.1 e Figura 4.3.

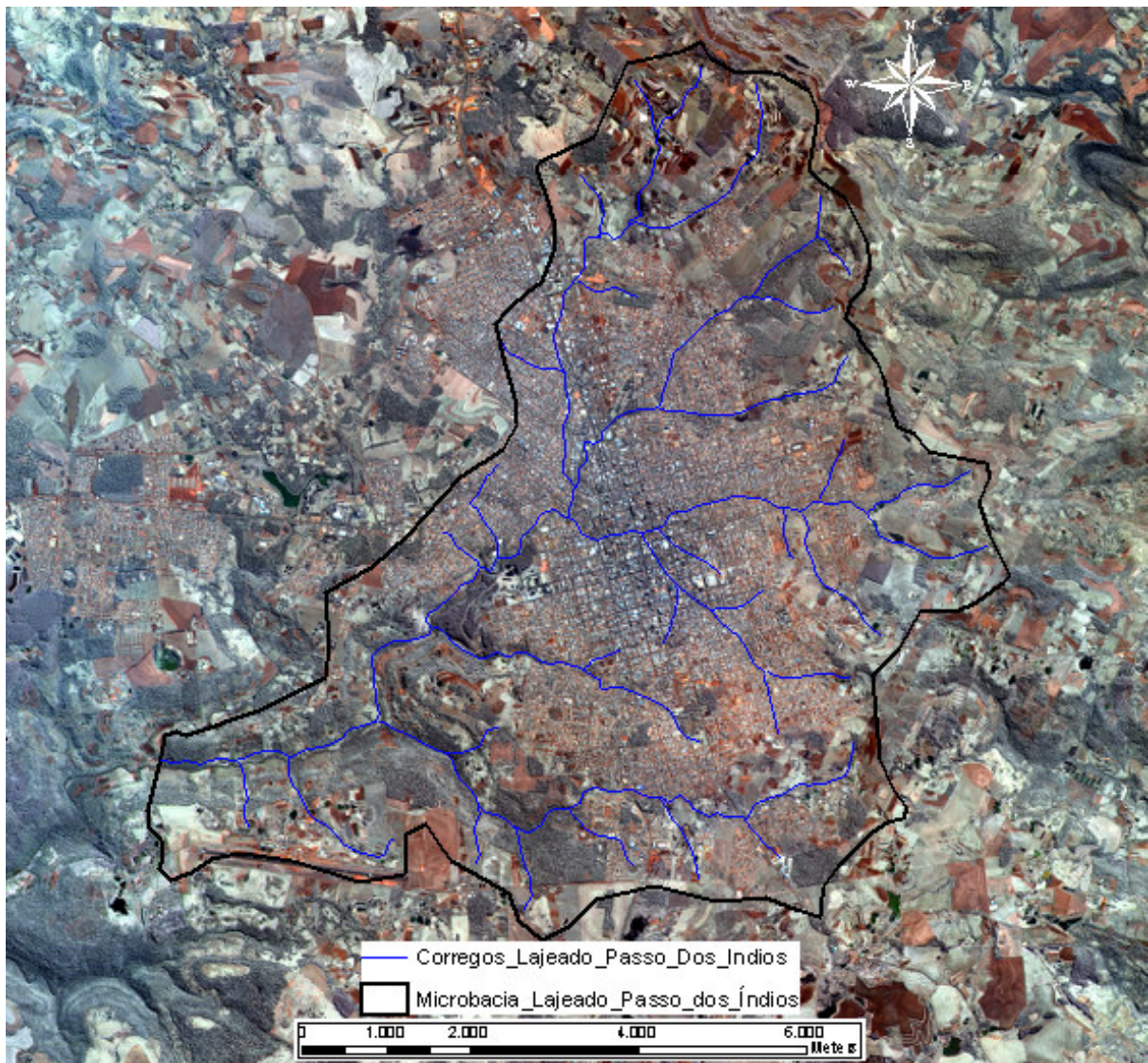


Figura 4.2: Imagem quickbird da cidade de Chapecó com delimitação da microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios (Fonte SPP, 2006).

Tabela 4.1: Área de drenagem e extensão aproximada do Lajeado Passo dos Índios e seus tributários (Fonte: SPP, 2006).

Rio	Área de Drenagem	Extensão
Lajeado Passo dos Índios	5,57 Km ²	41.325 m
Sanga Bela Vista	0,93 Km ²	19.875 m
Lajeado Passo dos Fortes e	0,80 Km ²	16.469 m
Sanga Iracema		8.297m
Rio A	0,77 Km ²	10.732 m
Sanga Santo Antônio	0,42 Km ²	12.394 m
Lajeado Palmital	1,09 Km ²	23.386 m

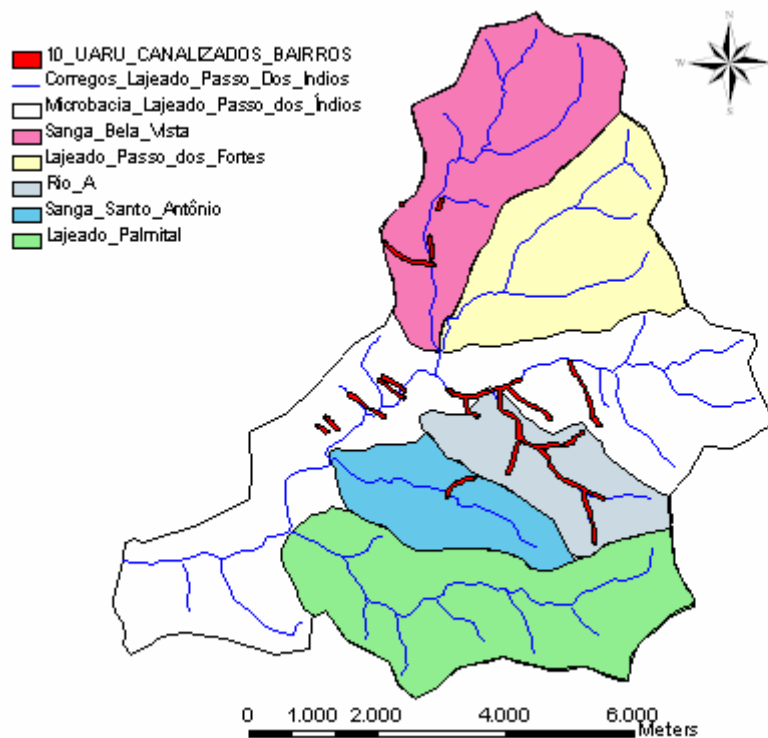


Figura 4.3: Representação da área de drenagem do Lajeado Passo dos Índios e seus tributários, com destaque dos segmentos urbanos canalizados (Fonte: SPP, 2006).

O Lajeado Passo dos Índios, bem como seus tributários, são classificados como rios de Classe 2, segundo portaria nº 274/79 do Governo do Estado de Santa Catarina.

O município de Chapecó apresenta clima Cfa-subtropical úmido (classificação de Köppen), com verões quentes e invernos frios e chuvosos. A precipitação média mensal no ano de 2006 (Fig. 4.4) foi de 246,9 mm para o mês mais úmido (janeiro) e

15,1 mm para o mês mais seco (maio). A média de temperatura foi de 23,4°C no mês mais quente (março) e 13,8°C no mês mais frio (julho).

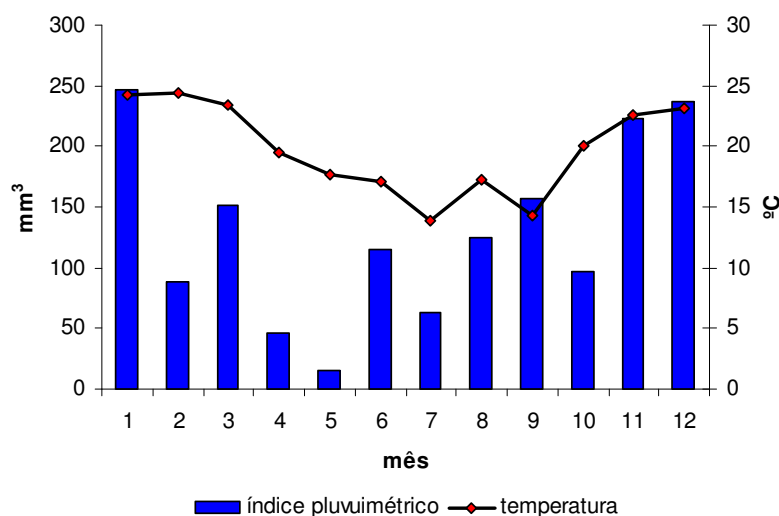


Figura 4.4: Evolução da precipitação pluviométrica e de temperatura mensal em Chapecó, SC no ano de 2006. Fonte: Epagri (2007).

As principais classes de solo encontradas na região são os Latossolos Vermelhos distroféricos, acentuadamente drenados, caracterizados pela baixa saturação por bases e elevado teor de ferro, textura argilosa, alta porosidade; e Cambissolos Háplicos distroféricos com características semelhantes exceto pela textura, mais pedregosa (EMBRAPA, 2004).

Na microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios, a formação vegetal primária é do tipo floresta ombrófila mista, ecossistema da Floresta Atlântica. Em função da ocupação humana esta paisagem encontra-se bastante alterada e são encontrados poucos remanescentes da vegetação original, localizados principalmente nos locais mais elevados topograficamente ou de difícil ocupação.

O uso do solo na região urbana do município é predominantemente residencial, com concentração de atividades industriais ao longo das avenidas principais e dos acessos norte e sul (Fig. 4.5). O município possui uma grande extensão de córregos canalizados, principalmente na zonas urbanas centrais, conforme representado na Figura 4.3. Na área rural destacam-se as pequenas propriedades rurais que, além da agricultura, desenvolvem principalmente as atividades de suinocultura, avicultura e bovinocultura de corte e de leite.

USO DO SOLO TOTAL

Data: Julho/2006
Produção: SPP
Fonte dados: Cadastro Imobiliário Municipal/SIG

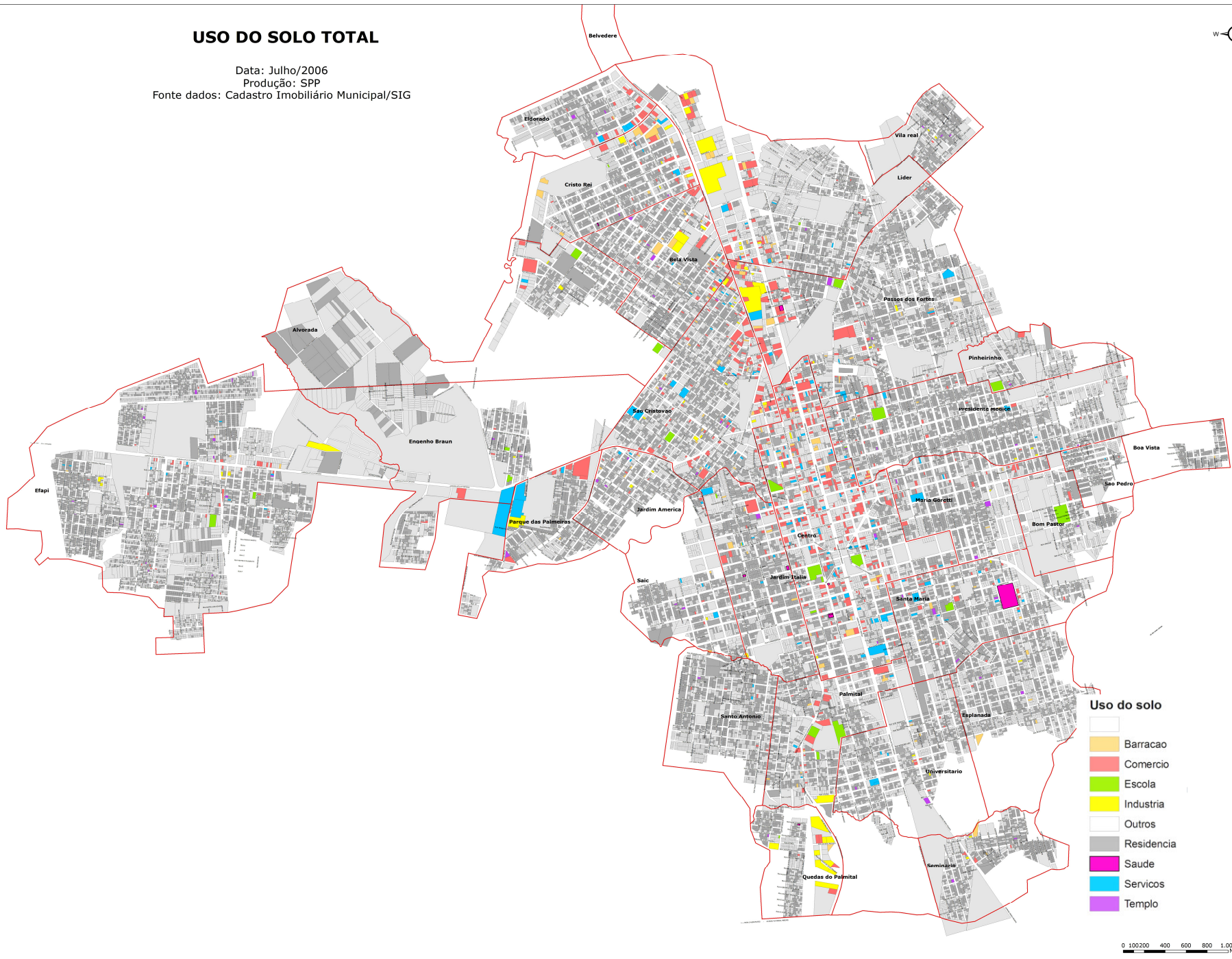


Figura 4.5: Mapa de uso do solo da região urbana no município de Chapecó (Fonte: SPP, 2006).

4.2 Amostragem

Foram amostrados dezessete pontos de coleta (Fig. 4.6), no período de abril a dezembro de 2006, compreendendo nascentes, pontos intermediários e foz, com diferentes usos do solo. Os pontos de coleta foram selecionados através da interpretação de mapas hidrográficos, imagens de satélite, análises em campo e facilidade de acesso. A aquisição das coordenadas geográficas (Tab. 4.1) foi realizada utilizando-se GPS (Global Positioning System).

Tabela 4.2: Localização dos pontos de coleta na microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios.

Ponto de coleta	Rio	Localização geográfica	
		latitude(S)	longitude(W)
Pto P1	Sanga Bela Vista	27°03'004	52°36'462
Pto P2	Sanga Bela Vista	27°04'234	52°37'313
Pto P3	Sanga Bela Vista	27°05'630	52°37'383
Pto P4	Lajeado Passo dos Fortes	27°03'917	52°35'575
Pto P5	Sanga Iracema	27°04'885	52°35'458
Pto P6	Lajeado Passo dos Fortes	27°05'181	52°35'458
Pto P7	Lajeado Passo dos Índios	27°06'145	52°34'615
Pto P8	Lajeado Passo dos Índios	27°05'778	52°36'542
Pto P9	Lajeado passo dos Índios	27°06'857	52°35'847
Pto P10	Rio A	27°05'883	52°37'356
Pto P11	Lajeado Passo dos índios	27°07'073	52°36'781
Pto P12	Sanga Santo Antônio	27°05'918	52°37'690
Pto P13	Sanga Santo Antônio	27°06'733	52°37'905
Pto P14	Lajeado Palmital	27°07'665	52°35'948
Pto P15	Lajeado Palmital	27°07'679	52°38'090
Pto P16	Lajeado Passo dos Índios	27°07'371	52°40'397
Pto P17	Lajeado Passo dos Índios	27°07'366	52°40'508

As coletas foram realizadas bimestralmente, no período de abril a dezembro de 2006, período selecionado para abranger as estações seca e chuvosa.

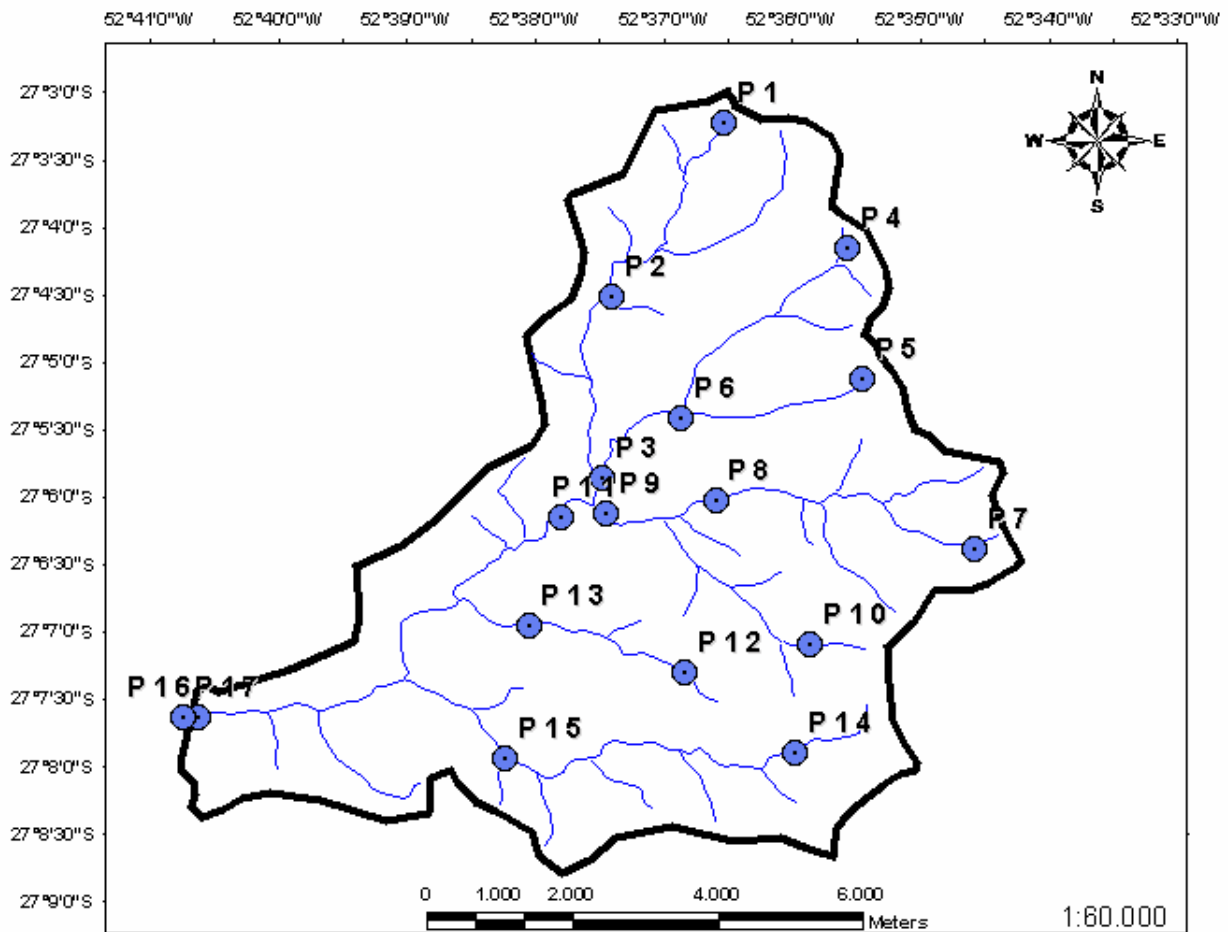


Figura 4.6: Pontos de coleta na microbacia do Lajeado passo dos Índios.

A água foi coletada com garrafa de Van Dorn e diretamente nos cursos d'água com menor vazão. O sedimento foi coletado com coletor de fundo tipo Petersen. O material foi acondicionado em sacos e frascos de polietileno, com imediato resfriamento em caixas de isopor, congelamento e posterior análise em laboratório.

Em cada ponto foram medidas a seguintes variáveis ambientais: profundidade (m), transparência, temperatura da água ($^{\circ}\text{C}$), temperatura do ambiente ($^{\circ}\text{C}$), pH, alcalinidade total (mg/L), turbidez (NTU), sólidos totais (mg/L), condutividade elétrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxigênio dissolvido (mg/L), Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L), Demanda Química de Oxigênio (mg/L), nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato (mg/L), fósforo total (mg/L), coliformes totais e termotolerantes (NMP), determinação do teor de matéria orgânica do sedimento (%) e determinação de elementos-traço cromo, cobre, manganês, ferro, cádmio, chumbo e zinco na água (mg/L).

4.3 Vegetação marginal/uso do solo

A caracterização da vegetação marginal foi realizada através de observação da presença/ausência de vegetação e da quantidade (aproximada) em metros que compõe a faixa ciliar, que foi calculada através de imagens de satélite, considerando-se a vegetação possível de ser identificada como arbustiva ou arbórea, e de observações em campo.

Foram realizadas também observações em campo, interpretação de imagens de satélite e mapas temáticos, buscando a melhor caracterização do uso e ocupação do solo e das atividades antrópicas do entorno das áreas estudadas (Fig. 4.5).

4.4 Variáveis físicas, químicas e microbiológicas

Nos locais de amostragem foram determinados a profundidade e transparência da água, utilizando-se régua graduada e profundidade de desaparecimento do disco de Secchi com diâmetro de 25 cm, respectivamente; a temperatura da água foi obtida através de termister marca Fugitec e a temperatura do ambiente em termo-higro-anemômetro marca Hanna Instruments, o pH da água foi determinado através de pHmetro digital marca Analyser e o oxigênio dissolvido utilizando-se oxímetro digitalmarca Instruterm. As demais variáveis foram determinadas em laboratório.

A alcalinidade total foi obtida por titulação com ácido sulfúrico 0,01M e a turbidez através de turbidímetro marca Hach. Os sólidos totais foram determinados através da quantidade de material sólido que permaneceu após evaporação da amostra de 50 mL com aquecimento a 100°C em banho maria e secagem a 105°C em estufa por sessenta minutos. A condutividade elétrica foi obtida através de medição com condutivímetro portátil marca Quimis.

O valor da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) foi obtido a partir da diferença inicial e final do oxigênio dissolvido (OD), mensurado em amostra no início e ao final de cinco dias de incubação, a 20 °C (APHA, 1998).

Para medir a quantidade de matéria orgânica passível de oxidação foi realizado ensaio de DQO (Demanda Química de Oxigênio), utilizando-se reagente dicromato de potássio em meio ácido (H₂SO₄) em equipamento de refluxo marca Qumis, a 100°C por duas horas. A DQO foi obtida através do dicromato residual titulado com Fe²⁺.

A determinação da amônia foi realizada pelo método clorimétrico, com clorímetro digital. Para determinação do nitrito e nitrato, as amostras foram filtradas em membrana de celulose (diâmetro de poro de 0,45 µm). Para nitrito, em 50 ml da amostra foram adicionados 2ml reagente de cor, produzido com sulfanilamida diazonizada com N-(1-naftil)-etilenodiamina dihidroclorídrico (NED-dihydrochloridre). Para nitrato, foi adicionado 1 ml de HCL em 50 ml da amostra. A medição de absorvância foi realizada em comprimento de onda de 543 nm (nitrito) e 220 nm (nitrato), segundo metodologia descrita em APHA (1998).

A análise do fósforo foi obtida em 50 ml da amostra contendo 10 ml de Vanadato-Molibdato e água destilada, através de leitura de absorvância da amostra em comprimento de onda de 470 nm.

Na determinação do NMP (Número Mais Provável) de coliformes totais e termotolerantes foi seguida metodologia recomendada em APHA (1998). Esta análise foi realizada nos meses de agosto e dezembro de 2006.

Para teor de matéria orgânica do sedimento foram coletadas amostras em cada campanha, uma em cada ponto, com coletor de fundo tipo Petersen. O material foi acondicionado em recipientes de alumínio e dispostos em estufa para secagem a 105°C por 48 horas. As amostras secas foram maceradas para determinação matéria orgânica do sedimento pela diferença de peso antes e após incineração a 550°C, por quatro horas.

A determinação de metais pesados foi realizada nos meses de abril e outubro de 2006, pelo Laboratório de Análise de Solo da Epagri – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina, Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar – CEPAF, unidade Chapecó. Para a análise dos metais solúveis em água foram pipetados 5 ml da amostra, em seguida foi adicionado 5ml de padrão de adição de chumbo (proporção 1:1). A determinação dos metais nas amostras foi realizada em Espectrofotômetro de Absorção Atômica marca Varian, modelo Spectra 220 FS. Os resultados foram expressos em mg/L de água.

4.5 Análise dos dados

Para síntese dos dados foi empregada a Análise de Componentes Principais (ACP), através do programa *STATISTICA 6.0@* (Stat Soft, 2001). A análise de Componentes Principais (PCA) é uma técnica usada para reduzir o

dimensionamento dos dados e formar um conjunto menor de fatores ortogonais de mais fácil interpretação. Para construção da ACP foram utilizados dados log-transformados das variáveis alcalinidade total, condutividade elétrica, DBO, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos totais, amônia, nitrito, nitrato, fósforo e pH, único parâmetro utilizado com dados originais. Ainda, foi utilizada a análise de variância entre os pontos de coleta, através do teste F, e análise posterior com aplicação do teste Tukey com significância $< 0,05$.

Nos meses de agosto e dezembro foi utilizado o Índice de Qualidade da Água desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF). Para o cálculo do IQA foram utilizados parâmetros físicos, químicos e microbiológicos. O IQA é calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas a cada um dos nove parâmetros de qualidade de água que compõem o índice: temperatura da água, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrito, fosfato total, sólidos totais e turbidez. A classificação da qualidade da água segundo o IQA é feita utilizando os critérios do Quadro 1.

Quadro 1: Classificação da qualidade das águas (NSF-PNMAII, 2005)

IQA – Escala de Qualidade		Cor
91-100	Qualidade da água excelente	Azul
71-90	Qualidade da água boa	Verde
51-70	Qualidade da água mediana	Amarelo
26-50	Qualidade da água regular	Laranja
0-25	Qualidade da água pobre	Vermelho

4.6 Construção de figuras temáticas

Os dados ambientais foram relacionados com o software Arc View Gis® 9.0, e possibilitaram a construção de figuras temáticas da localização dos pontos de coleta, delimitação da microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios e seus tributários, caracterização da qualidade da água espacial e temporalmente, delimitação das áreas de drenagem, quantificação da vegetação marginal, utilizando-se a base de dados georreferenciados da Prefeitura Municipal de Chapecó (Imagens Quikbird de 2005), Agência Nacional das Águas (ANA) e Epagri.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Vegetação marginal/Usos do solo

Estes indicadores consideram basicamente o grau de preservação da vegetação marginal e a existência da Área de Preservação Permanente previstos no Código Florestal e no Plano Diretor de Desenvolvimento Territorial de Chapecó (PDDTC), assim como a identificação das atividades desenvolvidas no entorno dos rios.

Os levantamentos mostraram que as margens dos rios possuem estreitas faixas de vegetação marginal descontínua ou ausência completa de vegetação, principalmente nas regiões urbanizadas (Fig. 5.1). Nas áreas de influência dos pontos P15 e P16 (zona rural) existem os maiores fragmentos de vegetação nativa, 170 e 400 m respectivamente, porém em apenas uma das margens (esquerda no ponto P15 e direita no ponto P16), sendo a outra ocupada por campos cultivados para pastagem. De todas as nascentes avaliadas, somente a localizada à montante do ponto P5 possui 50 m de área de APP. Nos demais segmentos não foi registrada faixa de 30 m (CF) ou 15 m (Resol. CONAMA/PDDTC) em ambas as margens.

Como amplamente difundido na literatura (BELTRAME, 1994; GUNDERSON, 2000; RODRIGUES, 2004) a qualidade da água está diretamente relacionada à integridade do ambiente. Na microbacia do Lajeado Passo dos Índios, observou-se que não há cumprimento da legislação federal ou municipal na conservação da faixa de APP, onde o entorno dos rios apresenta áreas degradadas e visivelmente impactadas pelas atividades antrópicas.

O uso do solo em toda microbacia é predominantemente residencial (Fig. 4.5). As áreas de influência da Sanga Bela Vista e Lajeado Palmital possuem a maior concentração industrial. No rio A, está a maior extensão de córregos canalizados, seguido pelo Lajeado Passo dos Índios (Fig. 4.5). Todas as nascentes estudadas localizam-se em área agrícola, com atividades predominantemente agropastoris. Os principais usos do solo da área de estudo são apresentados na Tabela 5.1 e Figuras 5.2 a 5.6.

Em relação ao uso do solo no entorno dos rios, o PDDTC define estas áreas como Unidades Ambientais de Requalificação Urbana (UARU), porém, ao contrário de todas as outras unidades definidas no plano, não existe delimitação do tipo de

atividade permitida nestas áreas. O Plano Diretor prevê a definição e aplicação de mecanismos especiais para regulamentação urbana nas UARUs, mas não especifica quais são estes mecanismos ou de que forma serão aplicados.

Segundo os levantamentos efetuados (Tab. 5.1), existe concentração de atividades com alto potencial de poluição em toda extensão da Sanga Bela Vista, nascentes do Lajeado Passo dos Índios, Lajeado Passo dos Fortes e Rio A (P4, P7 e P10); à jusante dos pontos P11 e P13, e à montante do Ponto P17. Nos demais locais de coleta, foram registradas atividades com fontes pontuais de poluição, demonstrando que o planejamento urbano, mesmo após a aprovação do PDDTC, continua sendo realizado de forma ambígua em relação ao meio ambiente. Legalmente são apontadas condicionantes para a implantação ou continuidade das atividades de elevado risco ambiental, mas na prática não são fiscalizadas ou exigidas, permanecendo o modelo de expansão urbana com otimização da ocupação dos espaços em detrimento da diversidade de áreas legalmente protegidas.

Tabela 5.1: Caracterização do entorno dos pontos de coleta na microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios.

Ponto de Coleta	Vegetação marginal (metros aproximados), uso do solo
P1	Vegetação: Campos cultivados (pastagens) em ambas as margens. Uso do solo: Agricultura, bovinocultura e piscicultura. À montante extensa área utilizada para olericultura tradicional e bovinocultura.
P2	Vegetação: Gramíneas e arbustos, 5m na margem esquerda e 7m na margem direita. Uso do solo: Comercial e residencial. À montante existe um posto de combustíveis e uma grande área utilizada para olericultura convencional.
P3	Vegetação: Árvores nativas e exóticas, distribuídas esparsamente em ambas as margens. Uso do solo: Residencial, oficinas mecânicas, indústrias, concessionárias de automóveis e agroindústria de médio porte.
P4	Vegetação: Árvores exóticas e arbustos esparsos. À montante campos cultivados para pastagem. Uso do solo: Bovinocultura, suinocultura e avicultura.
P5	Vegetação: Área de banhado, com vegetação típica e campos cultivados para pastagem em ambas as margens. À montante

Continuação Tabela 5.1

	(aproximadamente 200 m) existe um remanescente florestal de aproximadamente 0,7 ha. Uso do solo: Bovinocultura, agricultura.
P6	Vegetação: Capim elefante e arbustos, 5m na margem direita e 2 m na margem esquerda. Uso do solo: Residencial. À montante um posto de combustíveis.
P7	Vegetação: Árvores nativas de médio e grande porte em um raio de 20m. Uso do solo: À montante agricultura, suinocultura e bovinocultura e à jusante piscicultura (pesque-e-pague).
P8	Vegetação: Capim elefante, árvores nativas e exóticas, 1 m em ambas as margens. Uso do solo: Residencial e comercial. À montante existe um posto de lavagem de veículos cujos efluentes são despejados no córrego. Praticamente todas as residências do entorno possuem canos que despejam efluentes diretamente no riacho.
P9	Vegetação: Inexistente na margem direita e 2 m de árvores nativas e exóticas na esquerda. Uso do solo: Residencial e comercial. Final do trecho canalizado da área urbana.
P10	Vegetação: Gramíneas e arbustos, 2 m em ambas as margens. Uso do solo: Residencial e comercial. À montante existem atividades de piscicultura e uma oficina mecânica a 3 m do riacho.
P11	Vegetação: Inexistente no ponto de coleta, gramíneas e arbustos à jusante (2m em cada margem). Uso do solo: Residencial. À jusante está localizado um laticínio.
P12	Vegetação: Arbustos, árvores nativas e gramíneas, 2 m ambas as margens. Uso do solo: Residencial.
P13	Vegetação: Árvores nativas na margem esquerda (5 m) e campos cultivados com pastagens na margem direita. Uso do solo: Bovinocultura e piscicultura. À montante o riacho percorre um extenso segmento urbano. À jusante, localiza-se a usina de asfalto do município.
P14	Vegetação: Inexistente na margem esquerda e 20 m de vegetação de banhado na margem direita. Uso do solo: Residencial. À montante são realizadas atividades de piscicultura, avicultura e agricultura.
P15	Vegetação: Mata nativa em recuperação na margem direita e 170 m de

Continuação Tabela 5.1

	mata nativa preservada na margem esquerda. Uso do solo: casa de campo. À montante está o distrito industrial do município e áreas residenciais.
P16	Vegetação: Campos cultivados para pastagem e agricultura na margem esquerda e 400 m de mata nativa preservada na margem direita. Uso do solo: Agricultura e bovinocultura. À jusante estão localizados o antigo lixão e a estação de tratamento de efluentes.
P17	Vegetação: Inexistente na margem direita, árvores nativas e arbustos na margem esquerda (3 m) Uso do solo: Bovinocultura e agricultura. O ponto de coleta está localizado às margens de uma estrada vicinal. À jusante está localizada a maior agroindústria do município e uma fábrica de sabão.

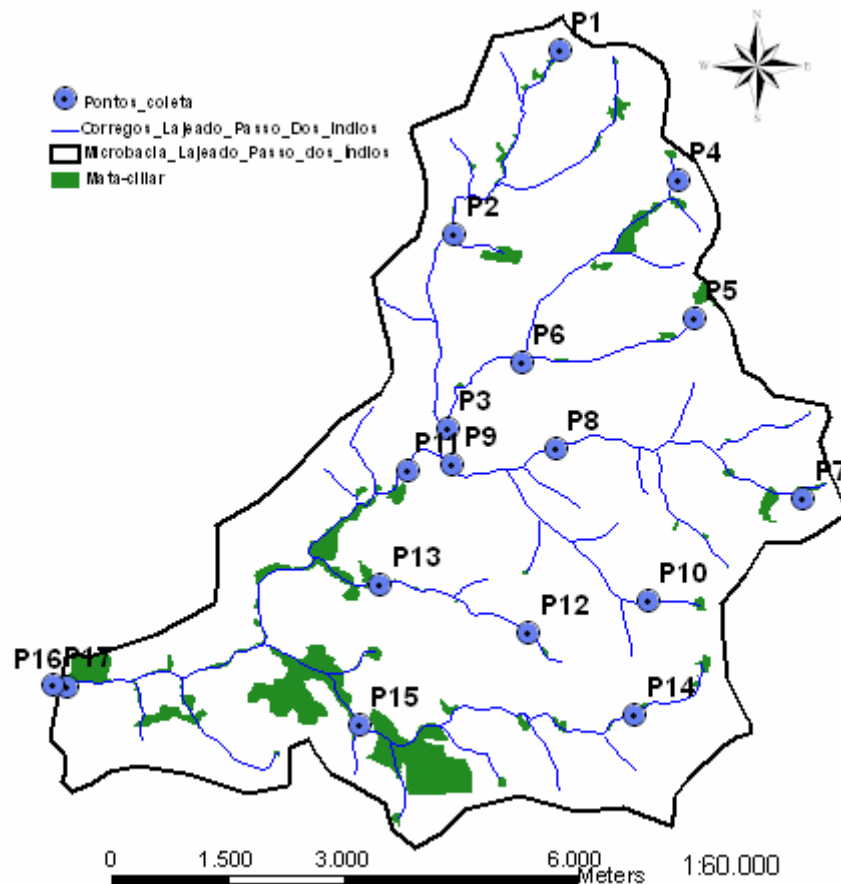


Figura 5.1: Delimitação aproximada da vegetação marginal dos cursos d'água da microbacia do Lajeado Passo dos Índios (FONTE: SPP, 2006).



Figura 5.2: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 1, 2 e 4 (FONTE: SPP).



Figura 5.3: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 3, 5, 6, 8, 9 e 11 (FONTE: SPP).

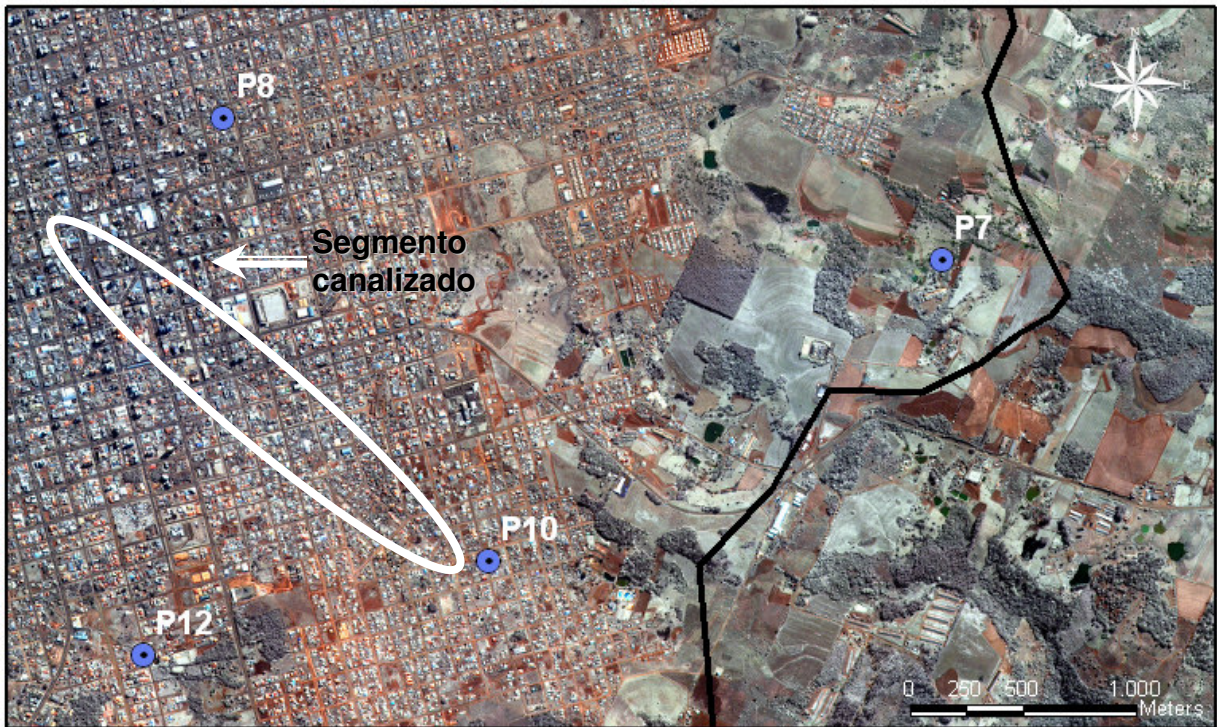


Figura 5.4: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 7, 8, 10 e 12 (FONTE: SPP).

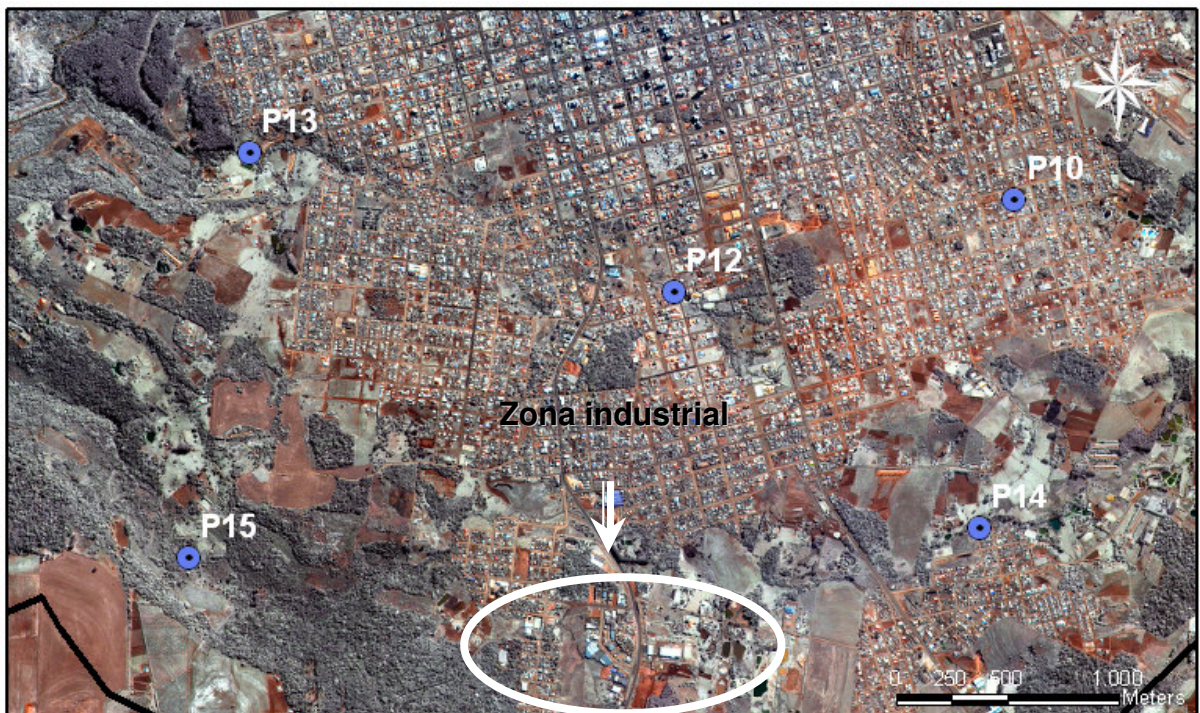


Figura 5.5: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 10, 12, 13, 14 e 15 (FONTE: SPP).

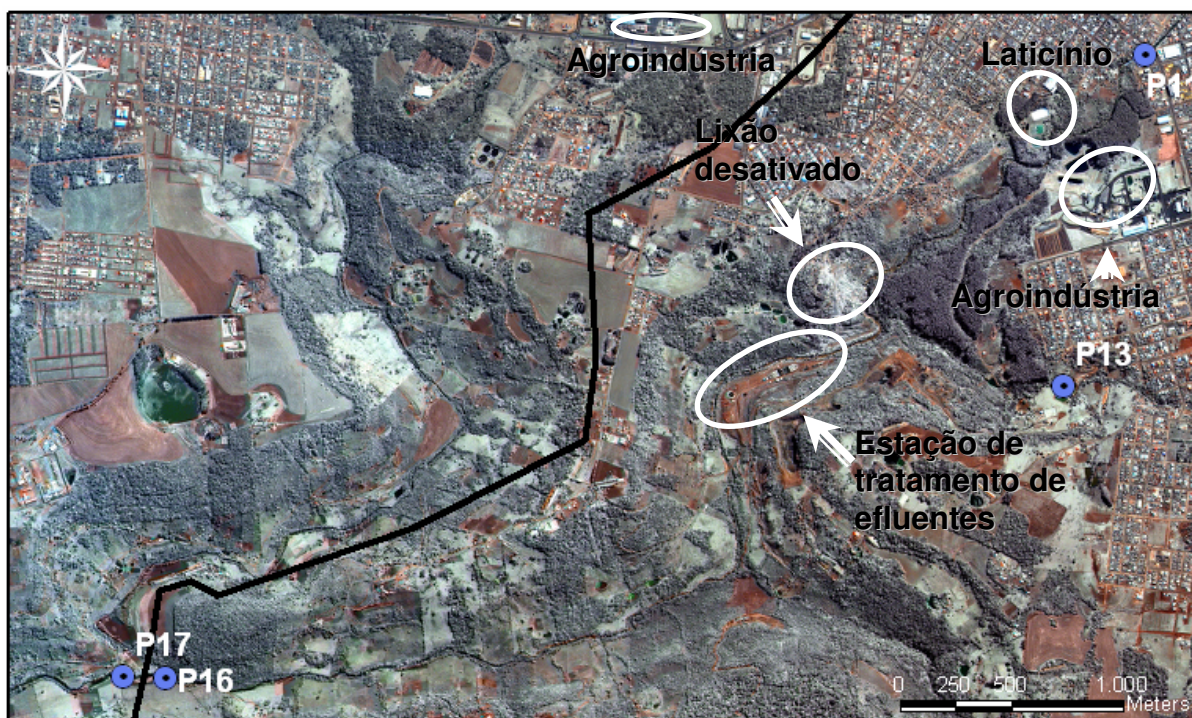


Figura 5.6: Imagem quickbird do uso do solo dos pontos 11, 13, 16 e 17, com destaque para a estação de tratamento de efluentes do município (FONTE: SPP).

5.2 Variáveis físicas e químicas

Os resultados das análises foram comparados ao intervalo mínimo e máximo estabelecido pela Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), para rios de classe 2 (Tab. 5.2).

O oxigênio dissolvido apresentou valores médios abaixo do limite mínimo de 5mg/L, apenas no ponto P17. O valor mais elevado de condutividade elétrica também foi registrado no ponto P17 (267,2 mg/L).

A alcalinidade total variou de 17,2 mg/L (P7) a 66,0 mg/L (P9). Em relação ao pH, todas as amostras permaneceram dentro do limite legal (6,0 a 9,0). Para DQO foram registrados valores de 9,5 mg/L (P4) a 118 mg/L P17, e para a DBO, quatro pontos apresentaram média superior ao limite do CONAMA (5,0 mg/L), três localizados no Lajeado Passo dos Índios e um no Lajeado Palmital.

Excetuando-se o ponto P4, a relação DQO/DBO₅₋₂₀ foi superior à proporção 3/1, considerada normal para águas naturais (CETESB, 2005), em todos os pontos amostrados. Os pontos P6 e P17 apresentaram a maior distância entre os valores: 13/1 e 38/1, evidenciando presença de matéria orgânica não biodegradável de

provável origem industrial. Em relação ao ponto P6, o mês de outubro influenciou fortemente a média da DQO com 174mg/L.

O ponto P17 recebe as águas do Lajeado São José onde, à montante, estão localizadas uma agroindústria de grande porte e uma fábrica de sabão, que despejam os resíduos da estação de tratamento de efluentes no corpo hídrico. Estes efluentes, mesmo sendo tratados, podem ter influenciado os elevados valores de DQO neste local.

Os sólidos totais tiveram variação de 76 mg/L (P12) a 275 mg/L (P2). Considerando-se a média das cinco coletas, a variável turbidez permaneceu dentro do limite do CONAMA de 100 UNT.

As formas de nitrogênio avaliadas (amônia, nitrito e nitrato) tiveram os menores valores registrados no ponto P5 e os maiores nos Ponto P9 (NH_4^+), P13 (NO_3^-) e P16 (NO_2^-). Das três variáveis, somente para amônia foram registrados valores acima do permitido pelo CONAMA para rios de classe 2, nos pontos P9, P11, P16 e P17, todos localizados no Lajeado Passo dos Índios.

Em relação ao fósforo, em todos os pontos amostrados foram encontrados valores muito superiores ao limite estabelecido pelo CONAMA para ambientes lóticos (0,050 mg/L).

Para temperatura da água, o menor valor foi registrado no ponto P1 (10°C) no mês de agosto e o maior valor no ponto P17 em abril (35,8°C), mês onde foi registrada a maior amplitude térmica entre os pontos amostrados.

Tabela 5.2: Valores médios (\bar{X}) e desvio padrão (DP) do dados físicos e químicos da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.

Rio Pto		Variáveis																											
		OD		CE		Alcalin.		pH		Tº água		DQO		DBO		MO		ST		Turbid.		NH ₄ ⁺		NO ₂ ⁻		NO ₃ ⁻		PO ₄ ⁻	
		\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP	\bar{X}	DP
SBV	P1	7,5	0,9	113,6	12,8	49,8	5,1	6,9	0,4	15,8	6,0	33,7	35,0	3,2	0,8	2,5	0,1	247	73,5	78,9	68,4	0,106	0,07	0,0054	0,003	0,30	0,12	0,38	0,23
SBV	P2	7,5	1,8	85,5	5,7	32,3	2,6	6,7	0,5	16,9	4,0	18,9	10,7	3,7	2,0	2,5	0,6	275	104,4	23,1	12,8	0,108	0,02	0,0089	0,007	1,76	0,36	0,50	0,53
SBV	P3	7,7	1,1	164,1	55,0	39,5	4,8	6,8	0,4	16,9	3,7	48,1	66,1	4,7	1,3	3,3	2,5	191	71,3	16,9	5,3	0,964	0,13	0,1391	0,094	3,12	0,45	0,75	0,62
LPF	P4	7,6	0,8	64,6	4,3	20,0	4,1	7,1	0,4	17,1	3,7	9,6	2,1	3,1	0,8	3,7	1,5	215	118,5	39,3	38,6	0,074	0,01	0,0126	0,009	2,43	0,49	0,66	0,67
SIR	P5	7,3	0,8	32,8	6,8	18,1	5,6	6,8	0,3	19,1	6,0	16,1	4,2	2,8	0,8	3,2	1,3	119	31,1	17,9	18,9	0,04	0,02	0,0021	0,002	0,17	0,16	0,37	0,24
LPF	P6	7,1	0,8	77,9	5,1	24,5	1,9	6,8	0,1	18,2	3,5	68,5	91,6	4,8	0,9	2,5	1,1	198	84,7	22,1	7,8	0,682	0,11	0,0609	0,036	1,59	0,19	0,36	0,26
LPI	P7	7,4	0,7	43,1	3,0	17,3	0,8	6,8	0,3	15,8	3,6	11,4	3,4	2,6	0,8	3,3	0,4	107	43,6	3,7	0,5	0,052	0,01	0,0039	0,002	1,08	0,14	0,34	0,32
LPI	P8	6,1	0,3	127,1	12,1	37,1	3,1	7,0	0,2	19,7	4,1	20,0	5,3	5,2	0,5	2,1	0,8	206	105,6	29,7	15,2	2,483	0,71	0,1858	0,113	2,83	0,23	0,63	0,44
LPI	P9	6,3	1,6	205,6	36,0	66,1	14,0	7,2	0,4	18,1	5,5	46,7	22,0	4,7	2,1	1,8	1,4	180	61,1	25,8	13,9	5,78	2,20	0,2289	0,146	2,32	0,67	1,03	0,48
RIA	P10	5,7	2,0	147,0	16,0	34,2	2,9	6,8	0,5	17,9	5,4	25,5	17,7	4,4	1,8	1,3	0,6	152	43,3	14,4	3,6	3,14	0,43	0,1936	0,127	3,17	0,40	0,91	0,52
LPI	P11	6,7	0,5	223,5	36,4	58,3	10,3	7,3	0,4	20,0	5,2	23,9	6,9	5,7	0,8	1,5	0,3	230	53,5	24,1	7,3	4,36	1,05	0,3701	0,420	3,16	0,71	0,80	0,49
SSA	P12	8,4	1,1	57,3	5,0	23,5	2,3	6,6	0,5	19,6	4,8	22,6	27,1	4,2	1,4	1,5	0,5	76	5,1	13,3	2,4	0,172	0,05	0,0067	0,003	1,37	0,67	0,30	0,21
SSA	P13	8,1	1,0	133,2	11,8	31,7	5,1	7,5	0,3	22,4	5,2	40,6	41,4	4,9	0,9	0,8	0,1	129	21,6	8,5	1,5	0,93	0,56	0,3254	0,183	3,78	1,67	0,48	0,38
LPL	P14	6,3	1,2	62,7	11,0	23,9	3,5	6,7	0,5	18,6	5,7	26,6	15,8	4,3	0,9	6,0	1,3	149	76,0	26,1	4,9	0,832	0,48	0,0084	0,006	0,78	0,33	0,62	0,57
LPL	P15	9,0	1,4	86,1	9,9	33,1	1,8	7,3	0,5	20,8	6,6	70,9	38,4	6,3	1,7	2,3	0,5	160	51,8	13,0	4,3	0,34	0,29	0,0662	0,074	1,35	1,12	0,41	0,38
LPI	P16	6,7	1,5	232,0	50,5	62,2	11,4	7,3	0,3	19,5	7,9	59,7	14,3	5,3	1,0	1,1	0,5	252	101,9	14,8	5,6	4	0,72	0,4061	0,532	2,06	1,10	1,32	0,76
LPI	P17	4,8	2,5	267,2	114,8	59,1	17,0	7,2	0,4	20,7	9,3	118,3	32,3	3,7	1,9	1,2	0,6	236	42,3	15,4	7,1	3,8	1,97	0,3909	0,485	2,76	1,28	1,08	0,72

*valores em vermelho = superiores ou inferiores aos limites estabelecido pela Res. 357/05 (CONAMA).

Mediante a matriz de dados log-transformados (exceto pH), utilizada na construção da Análise de Componentes Principais, foi obtido um conjunto de variáveis sintéticas (fatores comuns) baseado nas inter-relações dos dados originais das variáveis. Resultaram dois fatores associados às raízes características, explicando mais de 50% da variância total em relação às variáveis originais.

Analisando os resultados da ACP (Fig. 5.7) foi possível observar uma nítida separação entre as amostras referentes aos pontos correspondentes ao Lajeado Passo dos Índios (segmentos intermediários – círculo vermelho) e nascentes do Lajeado Passo dos Índios e Sanga Iracema (círculo verde), formando 3 grupamentos distintos na microbacia estudada. Os pontos P8, P9, P11, P16 e P17 contribuíram para a separação do Lajeado Passo dos Índios – segmentos intermediários, em relação à condutividade elétrica, alcalinidade total, nitrito, nitrato e fósforo (Fig. 5.8). As mesmas variáveis foram responsáveis pela separação do segundo grupamento (quadrante oposto) formado pelos pontos P5 e P7.

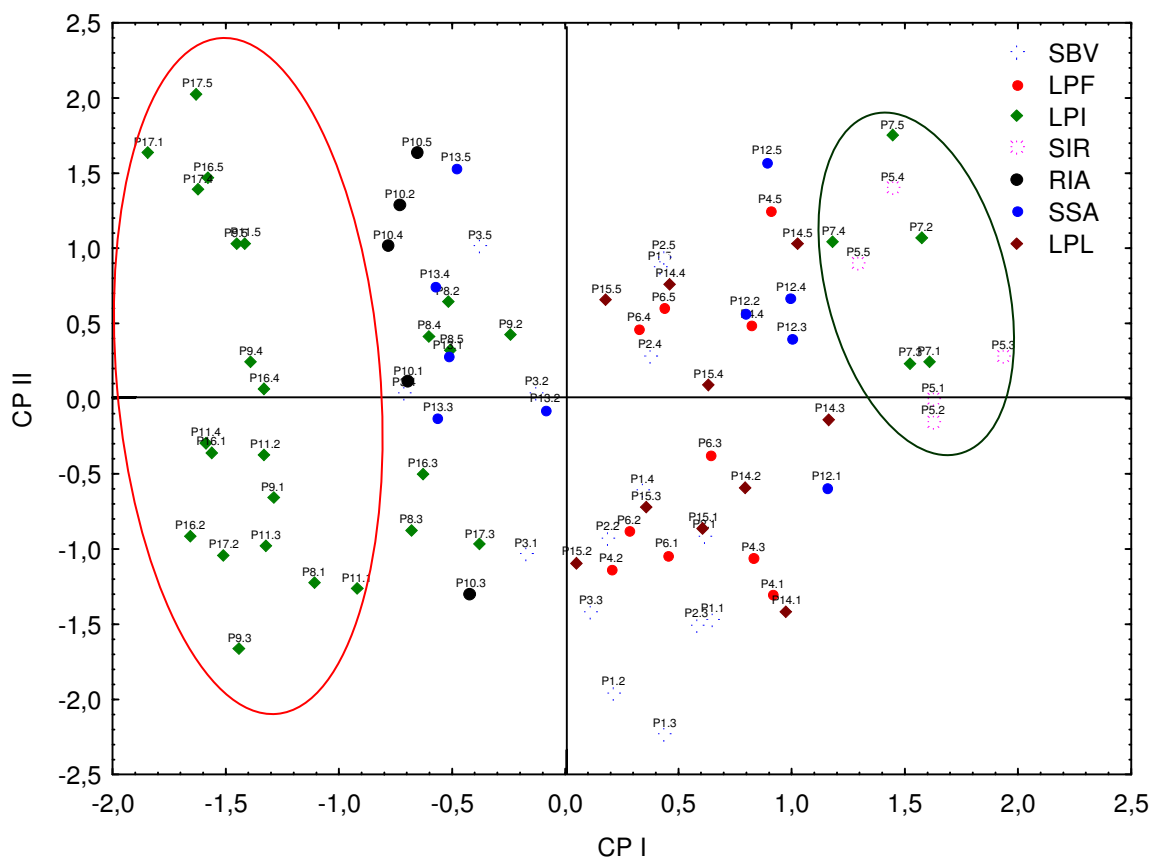


Figura 5.7: Resultado dos dois primeiros eixos da ACP com dados log-transformados (exceto pH) das variáveis alcalinidade total, condutividade elétrica, DBO, oxigênio dissolvido, turbidez, sólidos totais, amônia, nitrito, nitrato, fósforo.

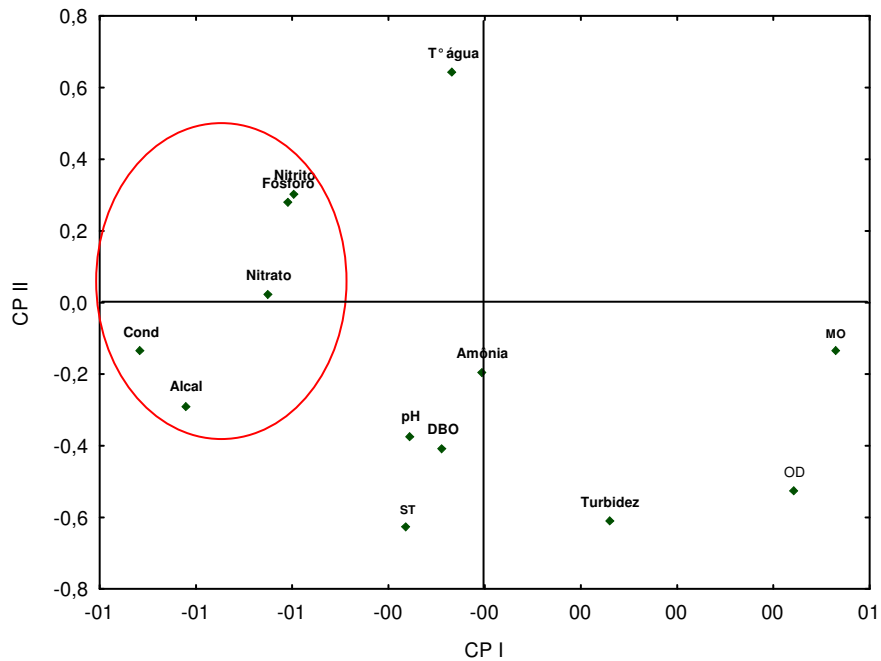


Figura 5.8: Dispersão das variáveis dos componentes principais.

Em relação à condutividade elétrica, alcalinidade total e nitrito, indicadas na ACP, a análise de variância (Fig. 5.9) mostra que o Lajeado Passo dos Índios teve maior variabilidade do que os demais rios. Esta amplitude de valores ocorre devido ao uso de solo em toda extensão do rio, com nascente bem preservada (ponto P7), em seguida atravessando toda região urbana, recebendo forte carga de efluentes domésticos e industriais. Entre os pontos 11 e 17 está localizada a estação de tratamento de efluentes do município, duas agroindústrias, um laticínio e um lixão desativado, onde o incremento de conteúdo mineral e orgânico pode ter influenciado na manutenção dos valores elevados destas variáveis.

A condutividade elétrica, juntamente com fósforo, amônia e oxigênio dissolvido foram os fatores responsáveis pela deterioração das águas do rio Guaíba, onde foi observado declínio da qualidade da água na região urbana e à jusante (TOLEDO & NICOLELLA, 2002). Da mesma forma, observa-se que na microbacia do Lajeado Passo dos Índios (Fig. 5.10) a maioria das nascentes apresentaram menores valores médios de grande parte das variáveis analisadas, que tiveram níveis aumentados na região urbana e à jusante onde, assim como no rio Guairá, também ocorre declínio da qualidade da água.

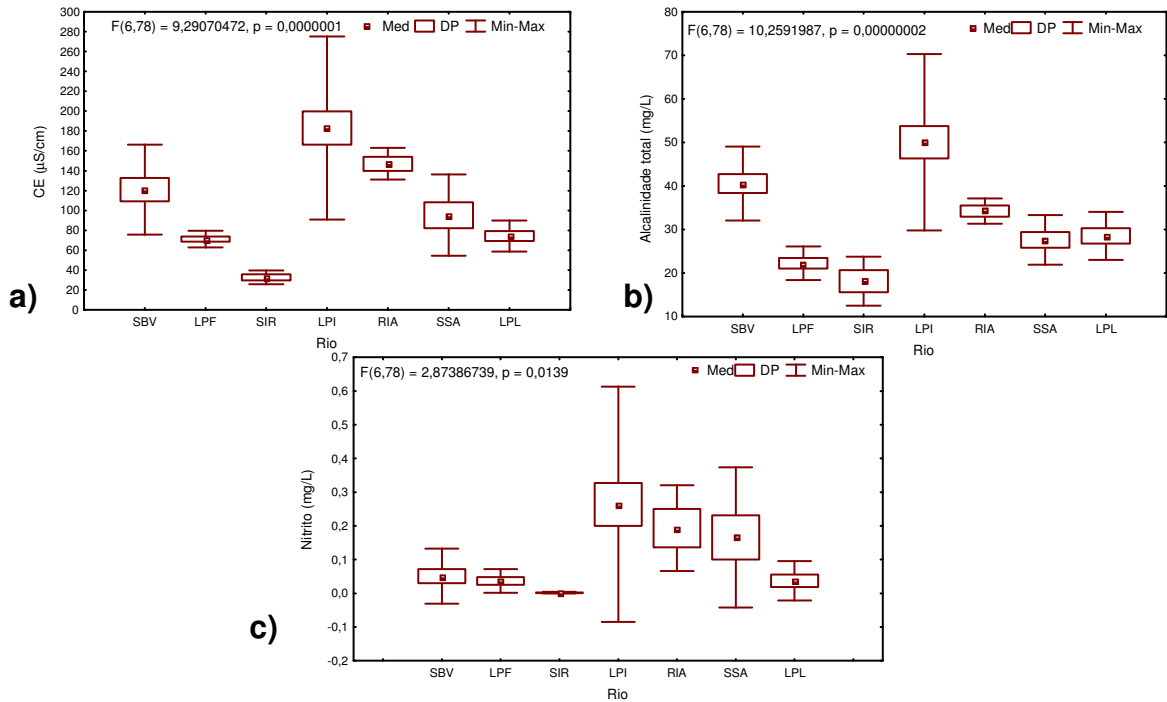


Figura 5.9: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para condutividade elétrica (a), alcalinidade total (b) e nitrito (c) da microbacia do Lajeado Passo dos Índios;

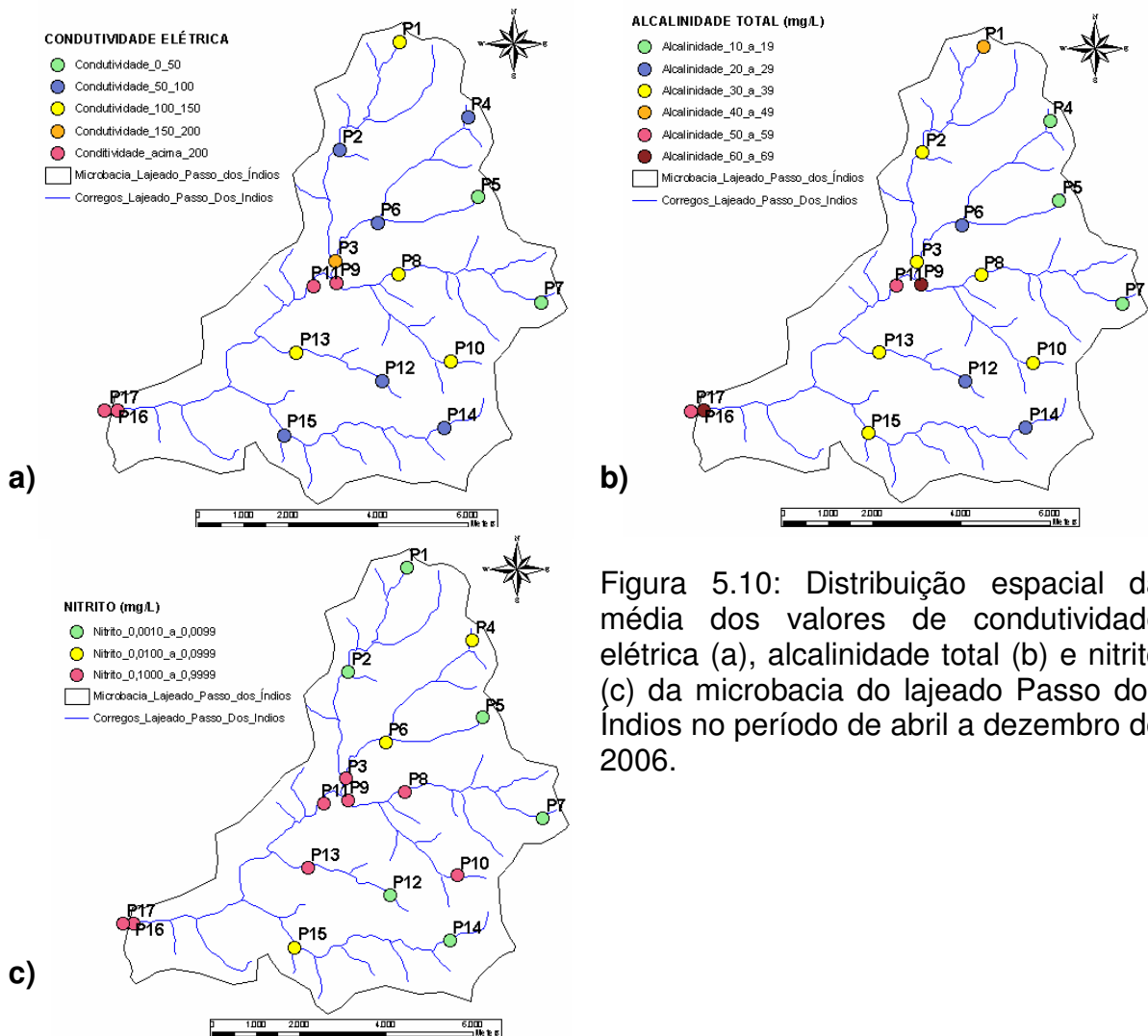


Figura 5.10: Distribuição espacial da média dos valores de condutividade elétrica (a), alcalinidade total (b) e nitrito (c) da microbacia do lajeado Passo dos Índios no período de abril a dezembro de 2006.

A análise de variância (Fig. 5.11) mostrou maior variabilidade de nitrato para a Sanga Santo Antônio, Sanga Bela Vista e Lajeado Passo dos Índios, e não apresentou diferença para o fósforo.

O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrado em águas naturais e a principal fonte antrópica deste nutriente são os dejetos humanos e animais. Apesar de a microbacia apresentar valores de nitrato aceitáveis segundo a legislação, é evidente o incremento deste nutriente nos pontos urbanizados e no ponto P4, nascente onde são realizadas atividades de suinocultura e avicultura.

A Figura 5.12 mostra que, assim como os demais componentes indicados na ACP, fósforo e nitrato apresentam o mesmo padrão espacial de variação, com valores menores nas nascentes, com exceção dos pontos P4 e P10, e aumento em regiões urbanizadas.

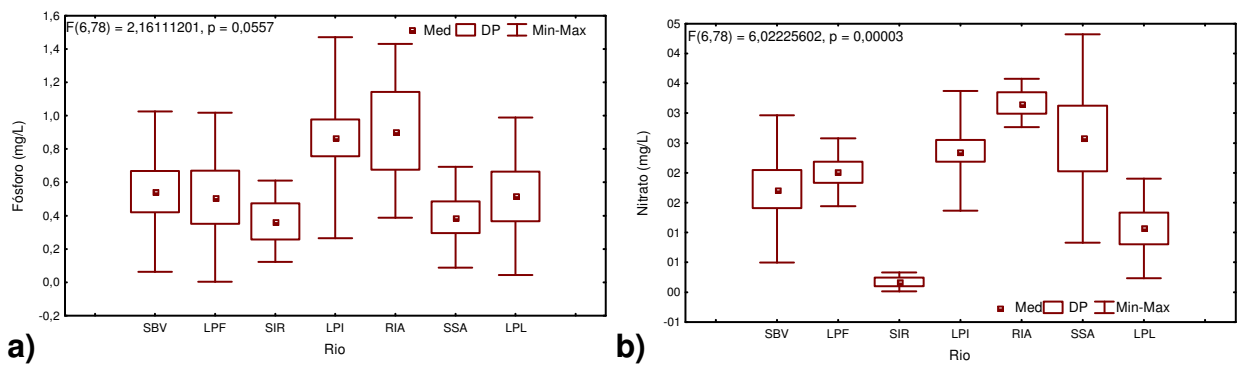


Figura 5.11: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para fósforo (a) e nitrato (b) dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.

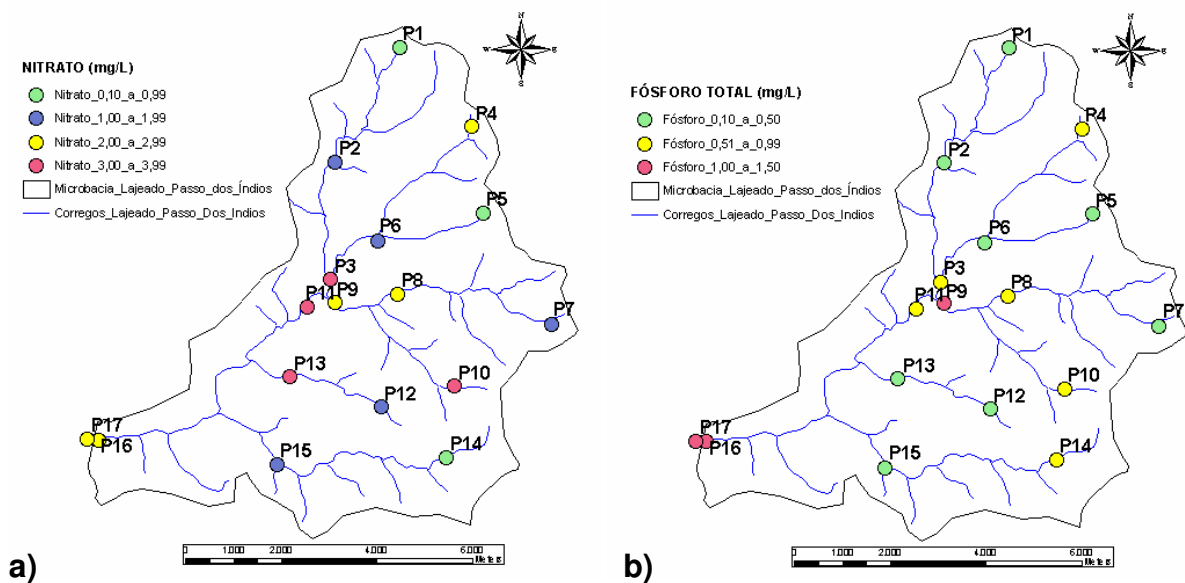


Figura 5.12: Distribuição espacial da média dos valores de nitrato (a) e fósforo (b) da microbacia do lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.

Concentrações elevadas de fósforo são esperadas para os rios da microbacia, devido às características de uso do solo da bacia de drenagem, com adição de fosfato químico e orgânico proveniente das áreas agrícolas. Porém, o incremento a partir da área urbana, assim como a presença dos compostos nitrogenados, evidenciam o uso urbano como principal agente causador da deterioração da qualidade da água nesta microbacia e é também uma indicação direta das condições de saneamento básico do município.

Estudos realizados por Borges *et al.* (2003) no Córrego Jaboticabal (SP), indicaram que após a implantação de receptores de esgoto, ocorreu melhora na qualidade da água, influenciando na capacidade de depuração do sistema. No caso da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, a rede coletora de esgotos está concluída nos trechos considerados mais críticos quanto ao lançamento de efluentes e o resultado das análises demonstram que a rede não está sendo utilizada de maneira satisfatória e os despejos de efluentes não tratados continuam ocorrendo.

Além das variáveis indicadas na ACP, no Lajeado Passo dos Índios foram registrados também os valores mais elevados de amônia. A transformação do nitrogênio pelas bactérias resulta primeiramente na forma amoniacal, seguida de nitrito e nitrato. Assim a forma como o nitrogênio aparece em um corpo d'água indica o tempo de residência do nutriente nestes ambientes. Os altos níveis de amônia encontrados no Lajeado Passo dos Índios, principalmente a partir dos pontos P8 e P9, é outro indicativo de lançamentos de efluentes.

Ainda em relação ao Lajeado Passo dos Índios, os pontos 16 (fz) e 17 (jusante do encontro com o Lajeado São José) apresentaram valores mais elevados para a maioria das variáveis analisadas, evidenciando decréscimo da qualidade da água de montante para jusante. Schuster e Souza-Franco (2003), avaliando a microbacia do Lajeado São José (com semelhante uso do solo), verificaram queda da qualidade da água de montante para jusante, sendo a foz do São José, no encontro com as águas do Lajeado Passo dos Índios, o ponto considerado mais crítico tanto em relação aos fatores físicos e químicos, quanto para as comunidades de macroinvertebrados bentônicos.

A Sanga Bela Vista, pontos P1 (nascente) P2 e P3 (fz), destacou-se por apresentar a nascente com os maiores valores de alcalinidade total, condutividade elétrica, DBO, DQO, sólidos totais e turbidez.

À montante do ponto de coleta existe um açude de criação de peixes. Para

prevenir e controlar os danos decorrentes da alta densidade populacional neste tipo de cultivo, os criadores têm utilizado produtos químicos, muitas vezes de forma indiscriminada.

Na aqüicultura, geralmente a água é retirada de cursos d'água e devolvida a eles depois de passar pelos criatórios, sendo que os produtos utilizados podem ser transportados e causar impactos diversos em outros ambientes. Entre os principais produtos utilizados para o controle sanitário e de doenças em aqüicultura, destacam-se: cloreto de sódio, permanganato de potássio, azul de metileno, formaldeído, verde malaquita, sulfato de cobre, triclorfon, e os antibióticos, tetraciclina, eritromicina e a oxitetraciclina (MAXIMIANO *et al.*, 2005).

O uso de alguns destes produtos e o despejo de dejetos animais para alimentação dos peixes, prática comum na região, podem ter influenciado os valores elevados destas variáveis.

A análise de variância realizada para turbidez (Fig. 5.13) mostrou grande variabilidade deste fator na Sanga Bela Vista onde, no ponto P1, ocorreu redução de 162 UNT (junho) para 5,6 UNT (dezembro). No entorno deste ponto, são realizadas atividades de bovinocultura, com acesso direto do gado para dessedentação. A ausência de vegetação ciliar é outro fator que pode ter contribuído para o assoreamento das margens e entrada de material alóctone. A redução desta variável no mês de dezembro pode estar relacionada à divisão da propriedade rural em piquetes, ocorrendo a restrição do uso desta parcela nos meses de maior índice pluviométrico.

Estudos realizados por Toledo e Nicolella (2000) e do Carmo *et al.* (2005) em rios com influência agrícola e urbana, evidenciaram a tendência de aumento da turbidez e sólidos totais nos meses de maior vazão, devido ao carreamento de materiais em suspensão. Contrariamente neste estudo foi verificado, de modo geral, que o tipo de atividade realizada no entorno dos rios da microbacia, e não o índice pluviométrico, é o fator que mais influencia os níveis de turbidez e sólidos totais, pois doze dos dezessete pontos de coleta apresentaram diminuição dos níveis destas variáveis na estação chuvosa.

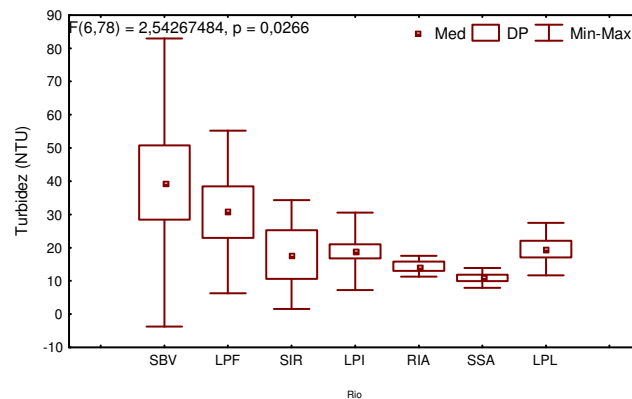


Figura 5.13: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para turbidez dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.

Ainda na Sanga Bela Vista, os valores mais elevados para a maioria das variáveis foram registrados nos pontos P1 (nascente) e P3 (foz). No ponto P2 ocorre uma sensível melhora na qualidade da água, provavelmente devido à entrada de outro afluente (não avaliado neste trabalho) cuja área de influência possui menor pressão antrópica e pequenos remanescentes florestais. Entre os pontos P2 e P3 existe uma extensa região urbanizada, ocupada por pequenas indústrias, oficinas mecânicas e concessionárias de automóveis, uma agroindústria de médio porte além de dois bairros com grande concentração populacional (Fig. 5.3), atividades que influenciaram no declínio da qualidade da água na foz da sanga.

A microbacia do Lajeado Passo dos Índios possui solo com características ácidas (EMBRAPA, 2004), o que pode resultar em águas com tendência à acidez, principalmente nos afloramentos de águas subterrâneas (nascentes). Com exceção do ponto P4 (nascente do Lajeado Passo dos Fortes), considerando-se as médias das cinco coletas, o pH revelou esta tendência, observada principalmente nos períodos de maior índice pluviométrico (Fig. 5.14 e 5.15).

Além do pH, no ponto P4 foram observados também valores elevados de turbidez, sólidos totais, nitrato, nitrito, fósforo e o maior valor de DBO entre as nascentes estudadas. Os níveis elevados destas variáveis estão relacionados à poluição pontual proveniente das atividades desenvolvidas na área de influência do ponto de coleta (Tab. 5.1), agravada pela ausência de vegetação marginal.

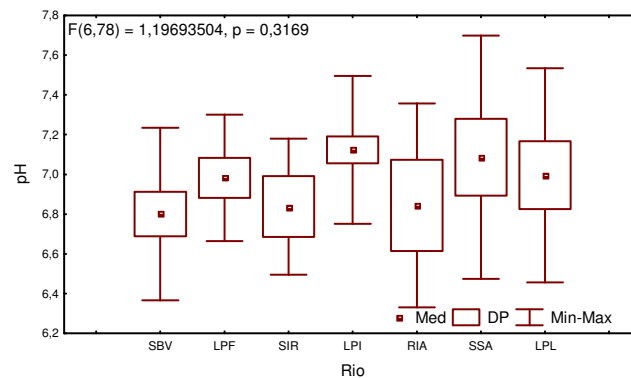


Figura 5.14: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para OD (a) e pH (b) dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.

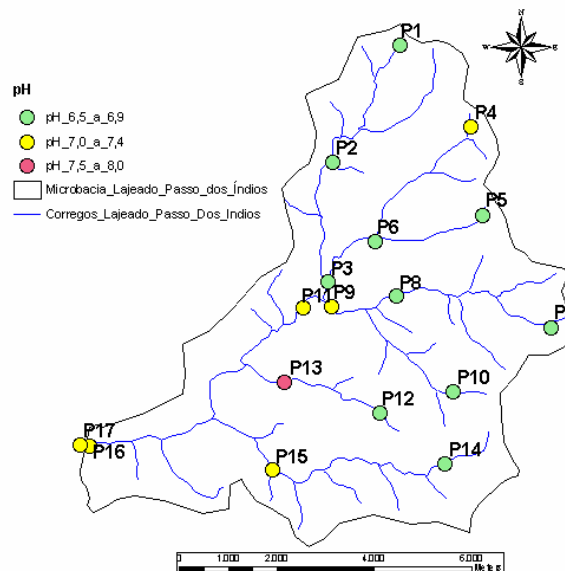


Figura 5.15: Distribuição espacial da média dos valores de pH da microbacia do Lajeado Passo dos Índios no período de abril a dezembro de 2006.

No ponto P6 (Lajeado Passo dos Fortes), as variáveis CE, alcalinidade total, nitrito, DBO e DQO apresentaram valores superiores ao ponto P4 (nascente), as demais variáveis apresentaram valores médios iguais ou inferiores. Entre os pontos P4 e P6, existe uma área urbanizada com alta densidade populacional onde, ao contrário do observado, seria esperado um incremento de nutrientes proveniente do despejo de efluentes domésticos. Os menores valores encontrados no Ponto P6 podem estar relacionados ao recebimento das águas, de melhor qualidade, da Sanga Iracema.

Na Sanga Iracema (P5) foram registrados os menores valores de CE, amônia nitrito e nitrato entre todos os pontos avaliados (Tab. 5.2). O ponto de coleta está

localizado 200 m à jusante da nascente, que possui uma área de vegetação nativa de aproximadamente 0,7 ha. Além da vegetação à montante, no entorno do local de coleta existe uma área de banhado, que pode estar funcionando como filtro para entrada de material alóctone, o que explica o baixo índice de compostos nitrogenados encontrado neste local, apesar do acesso do gado à sanga para dessedentação.

As duas únicas nascentes com remanescente florestal (P5 e P7) apresentaram os melhores índices das variáveis analisadas, formando um grupamento distinto na ACP. Estudos realizados por Donadio *et al.* (2005) no Córrego Rico (SP), em quatro nascentes, sendo duas com uso de solo agrícola e duas com remanescente de vegetação natural, mostraram que as nascentes como vegetação natural apresentaram melhor qualidade da água em relação às nascentes com uso agrícola, mesma tendência verificada neste estudo. Estes resultados demonstram a importância da mata ciliar na retenção de poluentes. Nestas nascentes são realizadas atividades potencialmente poluidoras à montante que não chegam a comprometer a qualidade da água devido à presença da vegetação.

Em relação ao Rio A, no ponto P10 (nascente) ocorreram os valores mais elevados de nutrientes (amônia, nitrito, nitrato e fósforo) dentre as nascentes avaliadas. Considerando-se todos os pontos amostrados na microbacia, somente no Lajeado Passo dos Índios (nas áreas mais críticas em relação ao lançamento de efluentes) foram registrados valores de nutrientes maiores do que neste ponto.

A Figura 5.16 mostra que o Rio A apresentou a maior variabilidade para o OD, (valores de 4,1 a 8,9 mg/L) entre todos os rios da microbacia. Considerando-se a média das cinco coletas, somente o ponto P17 (considerado um dos mais impactados da microbacia) apresentou valores de OD menores do que o ponto P10.

Na área de influência do ponto P10 (montante) existem açudes de criação de peixes e uma pequena área residencial. O elevado teor de nutrientes é inesperado para esta nascente, uma vez que não existe criação intensiva de animais, como no ponto P4 e pode estar relacionado (a exemplo do Ponto P1) à fertilização dos açudes com dejetos animais e ao despejo sistemático dos efluentes domésticos. A condutividade elétrica, entre as nascentes avaliadas, teve o valor mais elevado registrado neste ponto e também é um indicativo da alta carga de nutrientes.

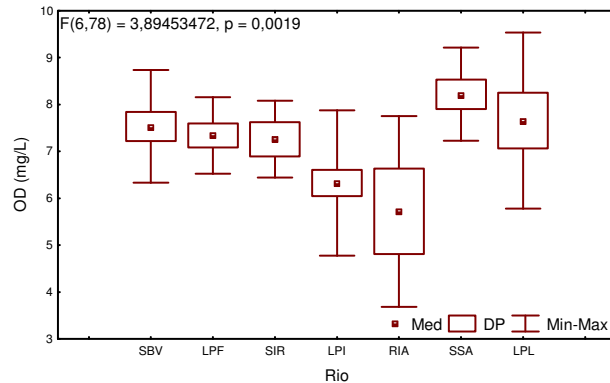


Figura 5.16: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para OD (a) e pH (b) dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.

Em relação à Sanga Santo Antônio (pontos P12 e P13), com exceção do pH e turbidez, o ponto P13 apresentou valores mais elevados em todas as variáveis analisadas. O Ponto P12 localiza-se em região com menor ocupação imobiliária e com pequeno remanescente florestal à montante. Assim como no Lajeado Passo dos Índios, o declínio da qualidade da água está associado à influência da região urbana existente entre os pontos de coleta. O ponto P13 encontra-se bastante impactado e são encontrados sacos de lixo e entulho carregados da área urbana, que além da poluição visível contribui com o aumento de poluentes químicos e orgânicos.

No Lajeado Palmital (P15), foram registrado os maiores valores de oxigênio dissolvido (11 mg/L) e DBO (8,5 mg/L) da microbacia, além de elevados níveis de DQO. Em relação aos elevados valores de OD, no local de coleta foi observada grande velocidade de corrente, determinada pela declividade do terreno, profundidade e largura do leito, onde o movimento constante das massas d'água, com superfícies expostas influenciam na capacidade de oxigenação do corpo hídrico (ODUM, 2004). Para DBO, a análise de variância (Fig. 5.17) mostra Lajeado Passo dos Índios, Rio A e Lajeado Palmital com maior variabilidade deste fator.

À montante do ponto P15, está localizado o distrito industrial e o lançamento de efluentes não tratados pode ter influenciado nos níveis elevados de DBO (Fig. 5.18a) e principalmente DQO, cujos valores médios (70,9 mg/L) foram inferiores somente ao ponto P17, considerado um dos mais impactados da microbacia e que também recebe influência de atividades industriais (Fig. 5.18b).

O ponto P14, localizado próximo à nascente, apresentou valores médios de

todos os parâmetros em conformidade com a legislação, exceto para o fósforo que, como nos demais pontos, excedeu o limite legal de 0,050 mg/L.

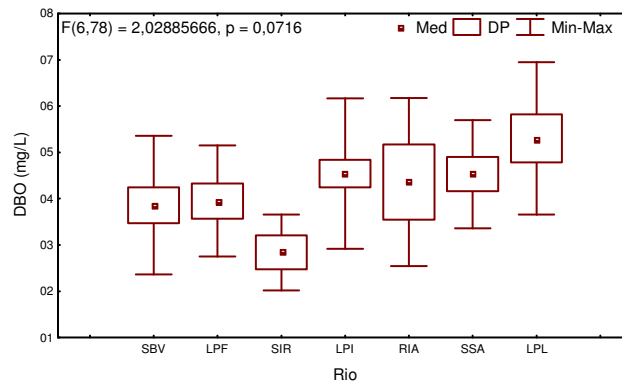


Figura 5.17: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para DBO dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.

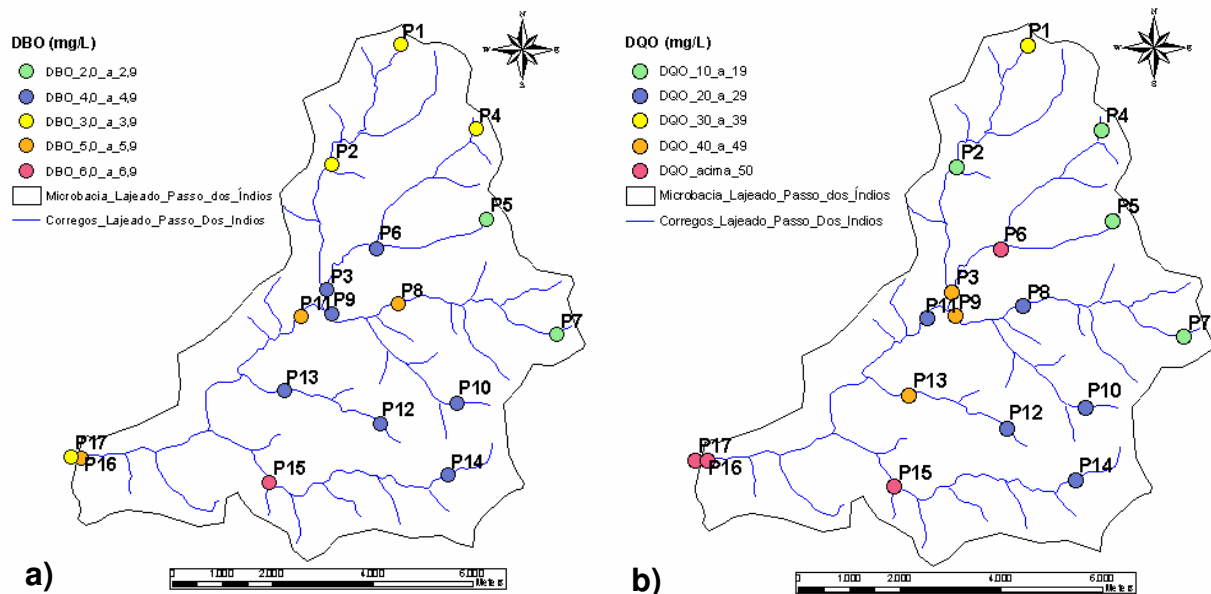


Figura 5.18: Distribuição espacial da média dos valores de DBO (a) e DQO (b) da microbacia do Lajeado Passo dos Índios no período de abril a dezembro de 2006.

No sedimento de fundo foi determinado o teor de matéria orgânica. Em relação a esta variável, todos os rios apresentaram sedimento do tipo mineral, segundo classificação de Naumann *in* Esteves (1998), com menos de 10% de matéria orgânica (Fig. 5.18). No ponto P13 registrou-se o menor índice de matéria orgânica em média (0,83%) e no Ponto P14 o maior índice (6,01%).

Os sedimentos minerais não são raros nas microbacias na região. Schuster e Souza-Franco (2003), avaliando os rios da microbacia do Lajeado São José, encontraram 4,2% como maior teor de matéria orgânica de sedimentos.

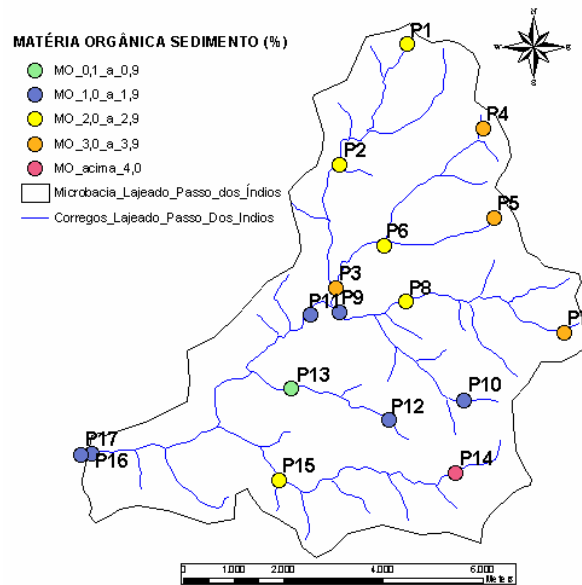


Figura 5.19: Distribuição espacial da média dos valores de matéria orgânica do sedimento da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, no período de abril a dezembro de 2006.

O teor de matéria orgânica do sedimento de rios de pequeno porte tem origem predominantemente alóctone, através do carreamento de materiais do entorno, principalmente da vegetação marginal, e depende do volume de vazão e velocidade de corrente. Assim pode-se afirmar que os rios da microbacia possuem sedimento associado a estas duas condições: nos pontos onde não há vegetação arbustiva ou arbórea no entorno, ou que possuem maior velocidade de corrente foram registrados os menores índices de matéria orgânica.

Um Índice de Qualidade das Águas foi utilizado nos meses de agosto e dezembro de 2006. Na Tabela 5.3 está representada a distribuição do IQA com a classificação das águas da microbacia do Lajeado Passo dos Índios. No mês de agosto, quatro pontos tiveram suas águas classificadas como boas (P5, 6, 7 e 13), os demais pontos apresentaram água de qualidade média.

As variáveis utilizadas no cálculo do IQA indicam uma alteração da qualidade da água no mês de dezembro, onde somente o ponto P1 apresentou qualidade boa (Fig. 5.19 e 5.20).

Em ambientes lóticos, a troca de nutrientes e energia acontece no sentido longitudinal (nascente-foz), assim a tendência de algumas variáveis é aumentar a jusante, o que explica os melhores valores de IQA registrados em nascentes.

Tabela 5.3: Classificação das águas do Lajeado Passo dos Índios nos meses de agosto e dezembro de 2006, segundo IQA-NSF.

Ponto de Coleta	Trecho monitorado	Agosto		Dezembro	
		Q-valor	Qualidade	Q-valor	Qualidade
P1	1.220 m*	60,5	M	72,5	B
P2	657 m*	67,5	M	67,6	M
P3	1.762 m*	65,1	M	58,6	M
P4	1.578 m*	61,4	M	69,3	M
P5	1.077 m*	76,7	B	66,2	M
P6	1.406 m*	73,3	B	63,5	M
P7	1.710 m*	75,6	B	70,0	M
P8	1.643 m*	56,6	M	59,7	M
P9	973 m*	58,2	M	56,1	M
P10	1.018 m*	63,6	M	55,1	M
P11	1.199 m*	59,5	M	58,4	M
P12	1.666 m*	66,1	M	67,1	M
P13	1.054 m*	75,3	B	65,6	M
P14	1.729 m*	65,6	M	58,5	M
P15	3.600 m*	69,4	M	62,0	M
P16	2.628 m*	66,4	M	61,9	M
P17	426 m*	66,1	M	58,0	M

* Aproximados; M (média); B (boa)

Os fatores que mais influenciaram na avaliação da qualidade da água como boa no mês de dezembro (ponto P1), foram turbidez e sólidos totais, que tiveram uma redução acentuada neste mês. O declínio da qualidade da água das demais nascentes (P5 e P7) no mês de dezembro está relacionado ao aumento de valores de coliformes termotolerantes.

Estudos realizados pela FEAM/IGAM (2004) no estado de Minas Gerais, na Bacia do Rio das Velhas, e IGAM (2005) na Bacia do Rio Paracatu, utilizando o IQA-NSF, classificaram as águas destes rios de muito ruins a médias (Rio das Velhas) e boas a médias (Rio Paracatu). No período chuvoso, as variáveis que mais contribuíram para o declínio da qualidade da água dos rios citados foram sólidos totais e turbidez; no período seco coliformes termotolerantes e nutrientes provenientes de esgotos domésticos.

As mesmas variáveis foram responsáveis pela alteração do IQA na microbacia do Lajeado Passo dos Índios, porém, inversamente aos rios avaliados em Minas Gerais, sólidos e turbidez influenciaram a melhora da classificação das águas no período de menor pluviosidade e coliformes termotolerantes o declínio do IQA no período de maior pluviosidade.

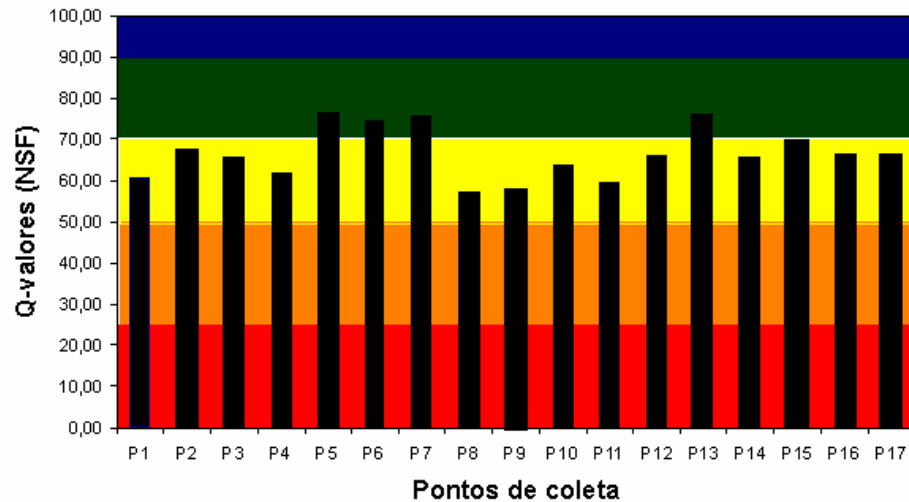


Figura 5.20: Escores IQA do mês de agosto na microbacia do Lajeado Passo dos Índios

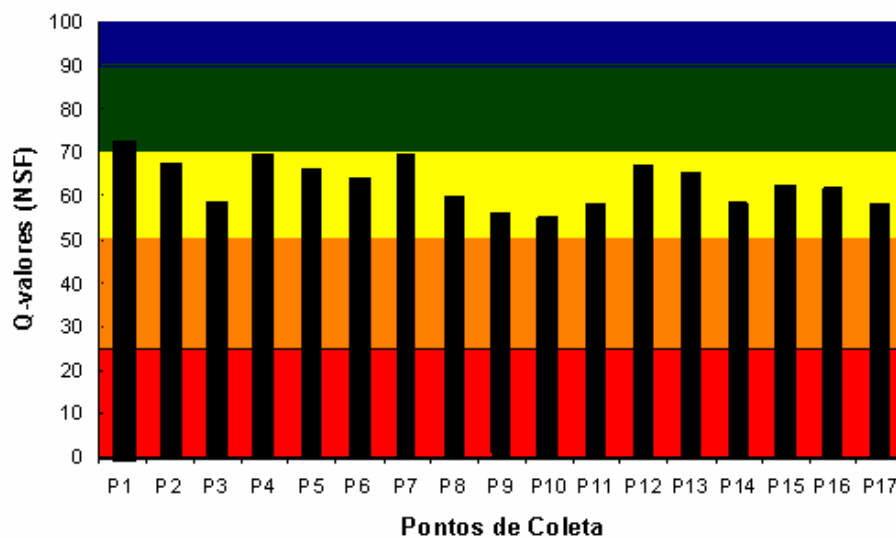


Figura 5.21: Escores IQA do mês de dezembro na microbacia do Lajeado Passo dos Índios.

Assim como no Rio das Velhas e Paracatu, os trechos urbanizados da microbacia do Lajeado Passo dos Índios apresentam qualidade da água indesejável em todo o período amostral, evidenciando a dificuldade de depuração destes ambientes em virtude das altas cargas de efluentes não tratados.

Vale ressaltar que não é recomendável a utilização do IQA unicamente para avaliar a qualidade de um corpo hídrico, pois não são considerados outros contaminantes, como metais pesados.

Comparando-se o IQA com o resultado dos parâmetros físicos e químicos que não compõem o cálculo do índice e análise dos metais pesados, apesar dos

menores índices de coliformes totais e termotolerantes (Fig. 5.21) não seria adequado classificar as águas dos pontos P1 e P13 como boas, uma vez que apresentaram elevados níveis de DQO, cádmio, chumbo e cromo.

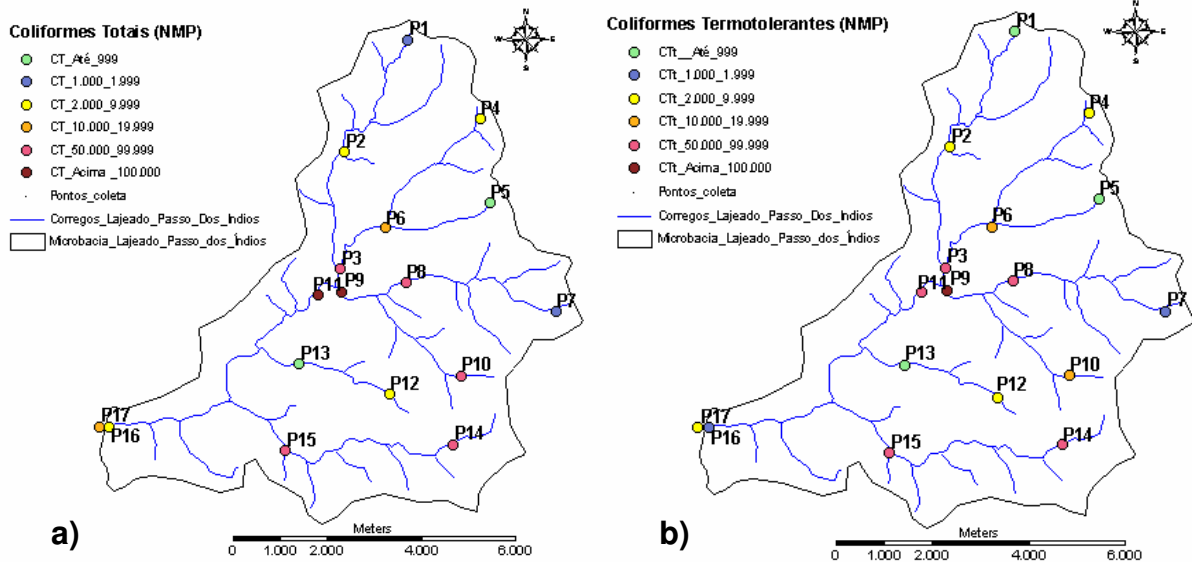


Figura 5.22: Distribuição espacial da média dos valores de coliformes totais (a) e coliformes termotolerantes (b) da microbacia do Lajeado Passo dos Índios nos meses de agosto e dezembro de 2006.

5.3 Metais pesados

Assim como as variáveis físicas e químicas, os resultados das análises de metais pesados foram comparados aos valores máximos estabelecidos pela Resolução nº 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), para rios de classe 2.

Os elementos cromo e cádmio apresentaram concentrações muito acima do limite máximo estabelecido pelo CONAMA em todos os pontos de coleta.

Para o cromo o valor mais crítico foi observado no Ponto P17 (4,11 mg/L) ultrapassando em 82 vezes o limite legal de 0,05 mg/L. Este elemento teve variação espacial, com aumento no sentido montante-jusante e sazonal, com aumento dos níveis na estação chuvosa (outubro). Para o cádmio, os pontos P6 e P15 foram os que apresentaram níveis mais elevados (0,20 mg/L e 0,18), ultrapassando em 200 (P6) e 180 (P15) vezes o limite máximo de 0,001 mg/L.

O elevado nível destes elementos desde as nascentes (Tab. 5.4) é característico da aplicação de pesticidas, praguicidas, fungicidas e, principalmente da aplicação sistemática de esterco nas áreas agrícolas (Apêndice 1). O cádmio possui longa persistência, devido ao tempo biológico de meia-vida no ambiente (LARINI, 1993), além de certa mobilidade em solos ácidos (AMARAL SOBRINHO *et al.*, 1998) e no município é comum o espalhamento de esterco e dejetos nas áreas de entorno da criação confinada de animais, ou a exportação para áreas agrícolas vizinhas, muitas vezes em níveis muito superiores ao recomendado.

O elemento chumbo também esteve muito acima do limite estabelecido pelo CONAMA para rios de classe 2 (0,01 mg/L). Os valores mais elevados foram observados nos pontos P11 e P14 com 0,87 mg/L, 87 vezes acima do máximo permitido. A contaminação em altos níveis é observada desde as nascentes, com média de 0,84 mg/L e desvio padrão de 0,01 mg/L.

Excetuando-se os pontos P2 e P3, o cobre manteve-se ligeiramente acima dos padrões legais (0,009 mg/L) para rios de classe 2 (média 0,011 mg/L). No mês de outubro, nos Pontos 13, 14, 16 e 17 houve um incremento de 50% nos níveis deste elemento em relação ao mês de abril.

A concentração de manganês apresentou ampla variação entre os pontos amostrados e, com exceção dos pontos P1, P8 e P9, aumento dos valores no mês de outubro, principalmente no ponto P6. Apesar deste incremento, o manganês esteve abaixo do limite legal (0,5mg/l) em todos os pontos amostrados.

Para o ferro foi registrada apenas uma análise fora dos padrões legais (0,3 mg/L), no Ponto P4 (0,38 mg/L) em outubro. Os baixos valores registrados em regiões urbanizadas indicam que este elemento tem como fonte principal o intemperismo das rochas da bacia de drenagem que são ricas neste elemento.

O elemento zinco apresentou todos os valores abaixo do estabelecido pela legislação (0,18 mg/L) e o menor valor foi registrado nos Pontos P2 e P3 (0,01 mg/L). A análise de variância (Fig. 5.22) realizada para cada elemento não mostrou diferença significativa entre os rios.

Assim como para os dados físicos e químicos, também foi realizada uma ACP para os metais pesados, de modo a agrupar os pontos de coleta com características similares. Analisando a Tabela 5.5, verifica-se que o primeiro componente principal explica 37,4% da variação e o segundo componente 19,2%, promovendo a separação da Sanga Bela Vista dos demais rios (Fig. 5.23).

Tabela 5.4: Concentração média (mg/L) e desvio padrão dos elementos cromo, cobre, manganês, ferro, cádmio, chumbo e zinco das águas da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, nos meses de abril e outubro de 2006.

Pto	Metais													
	Cr	DP	Cu	DP	Mn	DP	Fe	DP	Cd	DP	Pb	DP	Zn	DP
P1	2,180	1,446	0,010	0,000	0,094	0,019	0,205	0,021	0,144	0,006	0,845	0,007	0,035	0,007
P2	2,202	1,498	0,005	0,007	0,079	0,016	0,055	0,049	0,166	0,006	0,865	0,035	0,020	0,014
P3	2,651	1,156	0,005	0,007	0,064	0,045	0,110	0,028	0,169	0,013	0,855	0,064	0,025	0,021
P4	2,760	0,887	0,010	0,000	0,058	0,042	0,205	0,247	0,157	0,002	0,815	0,007	0,035	0,007
P5	2,412	1,597	0,010	0,000	0,045	0,045	0,115	0,021	0,160	0,014	0,850	0,014	0,030	0,000
P6	3,068	0,873	0,010	0,000	0,096	0,126	0,025	0,007	0,201	0,023	0,830	0,042	0,030	0,000
P7	3,010	1,139	0,010	0,000	0,095	0,018	0,080	0,028	0,177	0,029	0,845	0,035	0,030	0,000
P8	2,563	1,865	0,010	0,000	0,144	0,042	0,045	0,035	0,175	0,049	0,855	0,007	0,030	0,000
P9	3,094	0,776	0,010	0,000	0,142	0,004	0,165	0,134	0,184	0,019	0,865	0,035	0,035	0,007
P10	3,074	0,905	0,010	0,000	0,091	0,062	0,095	0,092	0,157	0,003	0,855	0,021	0,025	0,007
P11	3,535	1,406	0,010	0,000	0,080	0,061	0,100	0,014	0,174	0,050	0,870	0,000	0,040	0,000
P12	3,636	0,798	0,010	0,000	0,097	0,020	0,135	0,064	0,168	0,032	0,835	0,007	0,025	0,007
P13	3,594	1,041	0,015	0,007	0,124	0,035	0,095	0,035	0,176	0,021	0,840	0,014	0,035	0,007
P14	3,704	0,832	0,015	0,007	0,079	0,049	0,105	0,049	0,174	0,033	0,870	0,042	0,035	0,007
P15	3,588	0,532	0,010	0,000	0,114	0,059	0,145	0,078	0,188	0,025	0,815	0,021	0,030	0,000
P16	3,667	1,042	0,010	0,014	0,106	0,096	0,185	0,021	0,173	0,036	0,830	0,000	0,035	0,007
P17	4,112	0,954	0,015	0,007	0,130	0,064	0,155	0,021	0,177	0,011	0,840	0,000	0,030	0,000

As variáveis que influenciaram mais fortemente o grupamento em função do CP I foram cromo e manganês (positivamente) e chumbo (negativamente). Em relação ao CP II, a variável que explica o grupamento é o ferro (negativamente).

Uma análise simplificada, feita a partir de dados reais da média destas variáveis (Tab. 5.4) considerando todos os pontos dentro de cada rio, indica que os elementos que influenciaram positivamente a separação da Sanga Bela Vista (Cr e Mn) apresentaram menor média nesta sanga do que nos demais rios e os elementos que influenciaram negativamente (Fe e Pb) apresentaram maior média.

Tabela 5.5: Coeficientes de estrutura da PCA.

Metal	CP1	CP2
Cr	0,87	0,01
Cu	0,67	0,29
Mn	0,72	0,18
Fe	0,24	-0,75
Cd	0,57	0,46
Pb	-0,60	0,42
Zn	0,33	-0,51
Expl.Var	2,61	1,35
Prp.Tot	0,37	0,19

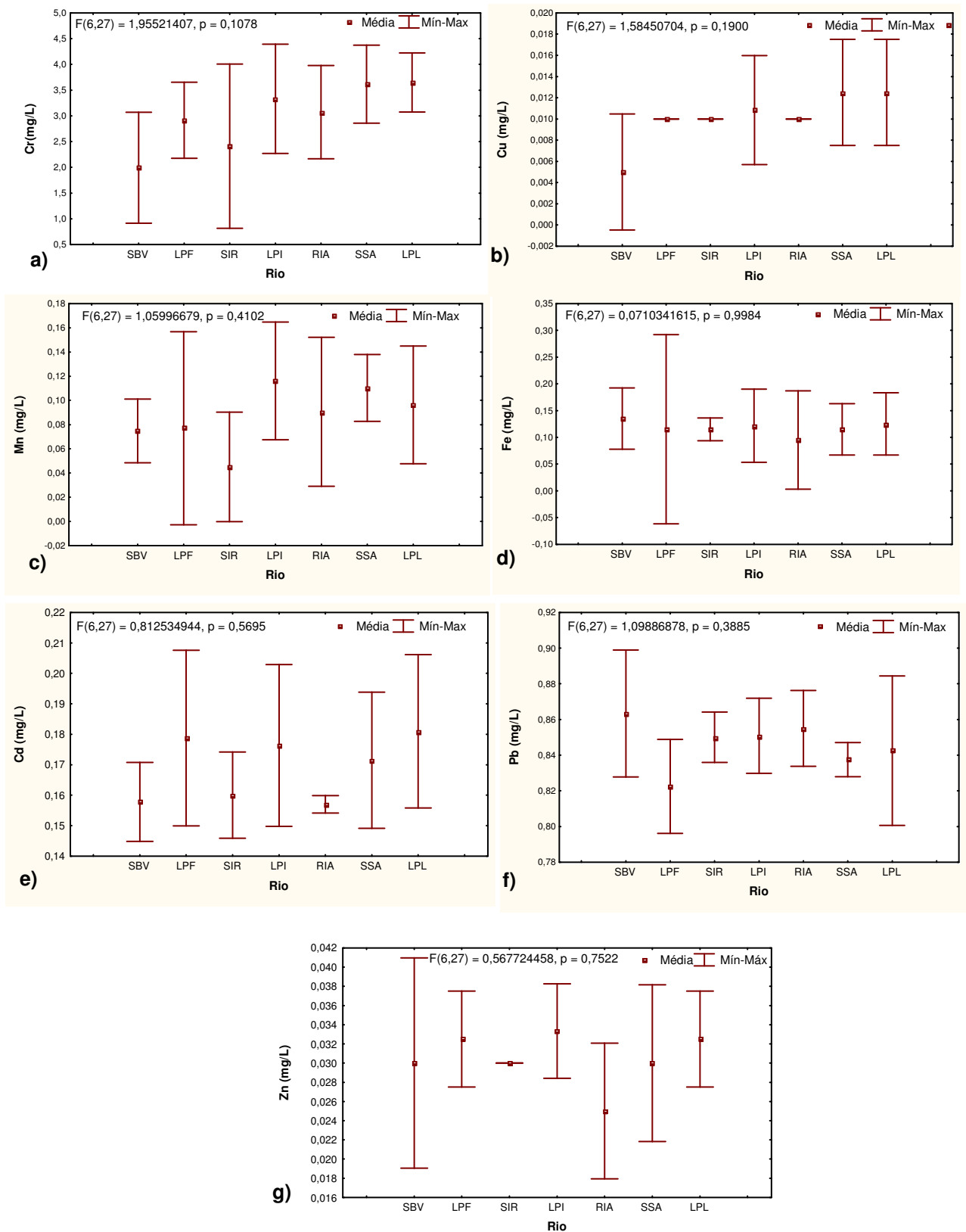


Figura 5.23: Valores médios, desvio padrão e erro padrão para cromo (a), cobre (b), manganês (c), ferro (d), cádmio (e), chumbo (f) e zinco (g) dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, nos meses de abril e outubro de 2006.

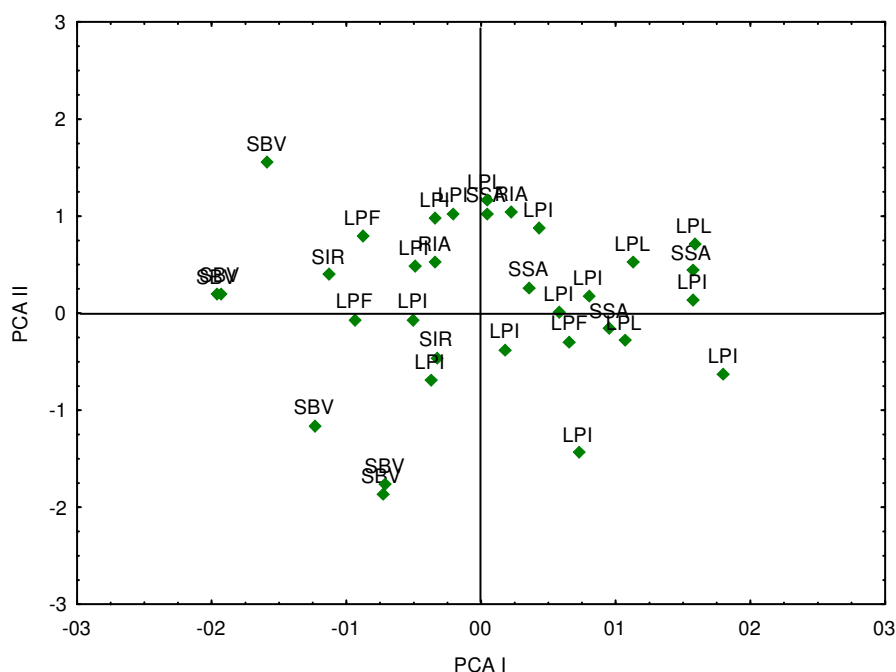


Figura 5.24: Resultado dos dois primeiros eixos da ACP com dados das variáveis cádmio, cromo, cobre, chumbo, ferro, manganês e zinco.

A separação da Sanga Bela Vista em relação aos níveis mais elevados de ferro e chumbo pode estar relacionada às atividades desenvolvidas no entorno deste rio. Conforme as Figuras 4.5 e 5.3, nesta sanga concentra-se um grande número de atividades industriais, de oficinas mecânicas, concessionárias de automóveis e uma agroindústria. Os efluentes resultantes destas atividades apresentam potencial risco de contaminação por metais, principalmente o chumbo, pois nestes locais são manipulados baterias, óleos e graxas, resíduos de funilaria além da emissão constante de gases automotores. Apesar disto, estas atividades são classificadas no Plano Diretor como de baixo risco e, conforme dito anteriormente, não há regulamentação quanto à instalação ou permanência nas UARUs.

Em relação à região de montante (ponto P2), na área de influência da sanga existe uma extensa parcela ocupada para atividades de bovinocultura (pastagens) e olericultura. A utilização de agrotóxicos e fertilizantes pode ter influenciado nos altos níveis de chumbo deste ponto.

Ramalho *et al.* (2000) quantificando o teor de metais pesados na microbacia de Caetés (RJ), sob influência de atividades agrícolas (pastagens e olericultura), observaram elevação dos níveis de Zn, Pb, Ni, Mn, Cu e Co, quando comparado às

áreas com capoeira (sem cultivo) e na avaliação geral, considerando-se os dois ambientes, altos teores de chumbo, cádmio e manganês .

Estudos realizados por Brigante *et al.* (2003) no rio Mogi-Guaçú e tributários, sob influência de uso agrícola e urbano, apontaram altos teores de metais, ainda que menores do que os verificados neste estudo, principalmente para cádmio, cromo e cobre em regiões de montante, indicando contribuição antrópica para estes elementos desde as nascentes.

Considerando-se os limites da legislação brasileira (Resol. CONAMA 357/05) para concentração de metais pesados em rios de classe 2, observou-se na microbacia do Lajeado Passo dos Índios um elevado nível de contaminação, principalmente dos metais de maior risco para a saúde humana e animal. Os altos valores destes elementos indicam qualidade da água imprópria para abastecimento, proteção das comunidades aquáticas, recreação, irrigação ou aquicultura, usos estabelecidos pela legislação para os rios da microbacia.

6. CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

6.1 Conclusões

O estudo das variáveis físicas e químicas dos rios da microbacia do Lajeado Passo dos Índios, com coletas realizadas em diferentes períodos hidrológicos, possibilitou o monitoramento da qualidade da água com a obtenção da carga poluente do escoamento superficial. De modo geral, os indicadores utilizados na caracterização limnológica da microbacia mostraram que estão interrelacionados e ofereceram respostas consistentes quanto aos impactos antrópicos sobre este ecossistema.

Considerando-se as limitações do período de estudo, o resultado das variáveis físicas e químicas e a Análise de Componentes Principais permitiram indicar o rio principal, Lajeado Passo dos Índios, como o mais impactado da microbacia, principalmente após os trechos canalizados. Esta condição deve-se ao recebimento da carga de efluentes dos demais rios e principalmente ao lançamento direto de efluentes não tratados nas áreas com maior densidade populacional da região urbana.

Quanto ao uso do solo os fatores que mais contribuíram para a degradação da qualidade da água foram as atividades industriais, a urbanização das margens dos corpos hídricos e a criação confinada de animais nas áreas rurais. Na maioria dos locais de coleta foram registradas atividades potencialmente poluidoras indicando que não há restrição ou fiscalização quanto à instalação ou continuidade destas atividades em áreas ecologicamente frágeis e legalmente protegidas, mesmo depois de decorridos três anos da aprovação do Plano Diretor do município.

Em relação à vegetação marginal, com exceção de duas nascentes, observou-se insuficiência ou ausência completa de vegetação em todos os pontos avaliados, em evidente descumprimento das legislações federais e municipal. As nascentes com pequenos remanescentes florestais apresentaram os melhores resultados dos fatores avaliados, indicando que a presença de vegetação contribui na retenção de poluentes.

As concentrações elevadas dos metais cromo, cádmio e chumbo na água ocorrem desde as nascentes até a foz. Estes elementos não são componentes naturais das rochas da bacia de drenagem, tendo portanto origem das atividades

antropogênicas, principalmente pelo uso indiscriminado de defensivos e fertilizantes agrícolas, além do despejo sistemático de dejetos animais para fertilização de lavouras e pastagens. O aumento nos níveis de metais pesados em regiões urbanas, especialmente o cromo, evidenciam despejos de origem industrial.

O aumento da concentração urbana, com ocupação e supressão da faixa ciliar, despejo sistemático de efluentes não tratados de origem humana e animal, uso indiscriminado de defensivos agrícolas e atividades industriais localizadas próximo aos cursos d'água, indicam avançado processo de degradação ambiental da microbacia hidrográfica do Lajeado Passo dos Índios e apontam a região urbana do município como a mais crítica em relação à qualidade da água.

6.2 Recomendações

Para reverter o quadro atual de degradação dos afluentes pertencentes à microbacia hidrográfica pesquisada, recomenda-se:

- Realização de novas pesquisas, incluindo estudos ecotoxicológicos, para verificar de que forma a biota vêm respondendo às alterações ambientais verificadas;
- Identificação e reconhecimento pela população e pelo poder público da situação ambiental dos córregos localizados na microbacia hidrográfica do lajeado Passo dos Índios;
- A regulamentação e fiscalização de atividades potencialmente poluidoras no entorno dos rios;
- A contenção do crescimento urbano em áreas de preservação permanente;
- Recomposição e preservação da vegetação marginal segundo critérios estabelecidos pela legislação;
- Definição de programas para a proteção e gerenciamento dos recursos hídricos do município, com implantação de sistema de gestão dos mananciais, adotando as microbacias hidrográficas como unidades territoriais de gestão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços. **Revista de Saúde Pública**. v. 32(2) p. 160-165, 1998.

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; VELLOSO, A.C.X.; OLIVEIRA, C. de. Mobilidade de metais pesados em solo tratado com resíduo siderúrgico ácido. **R. Bras. Ci. Solo**, 22:345-353. 1998.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard Methods for Examination of water and wastewater**. 14^o ed. Washington: APHA, 1998.

ARNS, J. F. Gestão Territorial Participativa. **COBRAC 2004 Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. UFSC: Florianópolis, Outubro 2004.

BARCELOUX, D. G. Manganese. **Clin toxicol**. New York, v. 37, n^o 2, p 293-307, 1999.

BELLANI, M. E. **Madeiras, balsas e balseiros no rio Uruguai: o processo de colonização do velho município de Chapecó**. Florianópolis: UFSC, 1991.

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

BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; BELLINGIERI, P. A. Qualidade hídrica do Córrego Jaboticabal sob a ação de interceptores de esgoto, em diferentes épocas do ano. **Eng. Agríc.**, v.23, n.3, p.521-531, 2003.

BORTOT, A.; LOCH, C. O Uso do CTM na Gestão ambiental, Experiência em Área de Mineração. **COBRAC 2004 Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário**. Florianópolis: UFSC, Outubro 2004.

BOUCHARD, D. C.; WILLIAMS, M. D.; SURAMPALLI, R. Y. Nitrate contamination of ground water sources and potential health effects. **Journal of the American Water Works Association**, v. 84, p.85-90, 1992.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução a engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRAYNE, F. M. M. **Determinação de taxas de retenção de metais-traço por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura em área estuarina e urbana**. Tese de Doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos. 1998, 103p. Universidade de São Paulo. São Carlos.

BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. A bacia hidrográfica: aspectos conceituais e caracterização geral da bacia do Rio Mogi-Guaçú. *In*: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçú**. São Carlos: RiMa, 2003.

____ **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçú**. São Carlos: RiMa, 2003.

BRIGANTE, J. *et al.* Quantificação de metais na água e no sedimento do rio Mogi-Guaçu. *In*: BRIGANTE, J.; ESPÍNDOLA, E. L. G. **Limnologia fluvial: um estudo no rio Mogi-Guaçu**. São Carlos: RiMa, 2003.

BURTON, G. A. J.; BAUDO, R.; BELTRAMI, M.; ROWLAND, C. Assessing sediment contamination using six toxicity assays. **Journal of Limnology**.v 60, n. 2, p. 263-267, 2001.

BUSS, D. F.; BAPTISTA, D. F.; NESSIMIAN, J. L. Bases conceituais para a aplicação de biomonitoramento em programas de avaliação da qualidade da água de rios. **Cad. Saúde Pública**, v. 19(2), p. 465-473, 2003.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água. **Quím. Nova**, v. 23 (5), p.618-622, 2000.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994.

CETESB. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo 2004 CETESB**. São Paulo: CETESB, 2005.

CHAPMANN, P. M. The sediment quality triad approach to determining pollution-induced degradation. **Science of the Total Environment**. V 97-98, p. 815-823, 1990.

CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO - LEI N° 4.771 de 15/09/1965. Publicado DOU de 27/08/1997.

COMPANHIA CATARINENSE DE ÁGUAS E SANEAMENTO – CASAN. Disponível em: <http://www.casan.com.br>. Acessado em 12/07/2007.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº 357, de 17 De março de 2005. Publicado no D. O. U. de 18/03/2005.

CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1974.

DO CARMO, M. S.; BOAVENTURA, G. R.; OLIVEIRA E. C. Geoquímica das águas da bacia hidrográfica do rio Descoberto, Brasília/DF – Brasil. **Quim. Nova**, Vol. 28, No. 4, 565-574, 2005.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; DE PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Eng. Agríc. Jaboticabal**, v.25, n.1, p.115-125, 2005.

DUMANSKI, J.; PIERI, C. Land quality indicators: research plan. **Agriculture, ecosystems & environment**. v.81, p. 93-102, 2000.

EMBRAPA. **Solos do estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: Embrapa solos, 2004.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.

FERNÁNDEZ, N.; RAMÍREZ, A.; SOLANO, F. Phsyco-chemical water quality índices – a comparative review. **Revista Bistua**, 2002. Disponível em: http://201.245.175.52:8094/unipamplona/hermesoft/portal/home_1/rec/arc__656.pdf
> Acesso em: 10/10/2006.

GALVÃO, W. S.; MENESES, P. R. **Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas**. Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia: INPE, p. 2511-2518, 2005.

GOULART, M.; CALLISTO, M. Bioindicadores de qualidade de água como ferramenta em estudos de impacto ambiental. **Revista da FAPAM**, ano 2, nº 1, 2003.

GUERESCHI, R. M.; FONSECA-GRESSNER, A. A. Análise de variáveis físicas e químicas da água e do sedimento de três córregos da Estação Ecológica de Jataí, Luiz Antônio, SP, Brasil. In: DOS SANTOS, J. E.; PIRES, J. S. R.: **Estação Ecológica de Jataí**. São Paulo: RiMa, 2000.

GUNDERSON, L.H. Ecological resilience – in theory and application. **Annual Review of Ecology and Systematics**. Vol. 31: 425-439, 2000.

HARPER, D. **Eutrophication of freshwaters: principles, problems and restoration**. New York: Chapman & Hall, 1992.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 01/10/2007.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS – IGAM. Estudos de metas de qualidade Bacia hidrográfica do Rio Paracatu 2005. In: **Estudo técnico de apoio ao Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paracatu**. Belo Horizonte, MG, nov. 2005.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. 3.ed. Boca Raton: CRC Press, 2001.

KRUSCHE, A. V. **Caracterização bioquímica da Lagoa do Diogo, uma lagoa marginal do Rio Mogi-Guaçu (Estação Ecológica da Jataí, Luiz Antônio, SP)**. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais. 1989, 79p. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos.

KUMAR R.; PANT N., SRIVASTAVA S. P. Chlorinated pesticides and heavy metals in human semen. **Int J Androl**, 23(3): 145-49, 2000.

LARINI, L. **Toxicologia**. 2.ed. São Paulo: Ed. Manole, 1993.

LEITE et al. Quantificação de metais pesados na água do reservatório de Salto Grande (Americana, SP). In: ESPÍNDOLA et al. **Reservatório de Salto Grande**

(Americana, SP): caracterização, impactos e proposta de manejo. São Carlos: RiMa, 2004.

LEITE, Maurício Augusto. **Análise do aporte, da taxa de sedimentação e da concentração de metais na água, plâncton e sedimento do Reservatório de Salto Grande, Americana - SP.** Tese de doutorado em ciências ambientais. Escola de Engenharia de São Carlos – São Paulo, 2002.

LICHT, O. A. B. **Prospecção geoquímica – princípios, técnicas e métodos.** Rio de Janeiro: CPRM, 1998.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B.; **Indicadores biológicos em áreas florestais.** Série técnica IPEF, v. 12, nº31, p. 53-64, 1998.

LOCH, C. **Cadastro Técnico Multifinalitário e gestão territorial.** Copenge, 2001.

MACÊDO, J.A.B. **Águas & águas.** São Paulo: Varela Editora, 2001.

MAXIMILIANO, A. de A. *et al.* Utilização de drogas veterinárias, agrotóxicos e afins em ambientes hídricos: demandas, regulamentação e considerações sobre riscos à saúde humana e ambiental. **Ciência & saúde coletiva.** 10(2): 483-491, 2005.

MELÃO, M. G. G. **A comunidade planctônica (fitoplâncton e zooplâncton) e produtividade secundária do zooplâncton de um reservatório oligotrófico.** Tese de Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais. 1997, 152p. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos.

MORAES, A. J. **Manual para a avaliação da qualidade da água.** São Carlos: RiMa, 2001.

MOREIRA, R. C. A.; BOAVENTURA, G. R. Referência geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da bacia do lago Paranoá – DF. **Quim. Nova,** v. 26, nº. 6, 812-820, 2003.

MURRAY, P.R. **Microbiologia Médica.** 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

NAVAS-PEREIRA, D.; De PADUA, H. B.; EYSINK, G. G. J.; PIVA-BERTOLETTI S. A. E. **Níveis de contaminação por metais pesados e pesticidas na água, sedimentos e peixes da Represa de Barra Bonita.** 21p. 1985.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

_____ **Fundamentos de ecologia.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenakian, 2004.

PANICHI, A. V. de *et al.* **Manual técnico para desenho de mapas de microbacias hidrográficas.** Florianópolis: EPAGRI, 1993.

PATHAK, S. P. *et al.* Potability of water sources in relation to metal and bacterial Contamination in some northern and northern-eastern districts of India. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 33, p. 151-160, 1994.

PORTARIA ESTADUAL Nº 024/1979. Publicado no DOE nº 11.319, de 14 de setembro de 1979.

PORTO, M. F. A.; BRANCO, S. M.; LUCA, S. J. de. Caracterização da qualidade de água. In: BRANCO, S. M. **Hidrologia Ambiental**. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo / ABRH, p. 27-66, 1991..

POTE, D.H *et al.* Water-quality effects of infiltration rate and manure application rate for soils receiving swine manure. **Journal Soil and Water Conservation**, v. 56, n. 1, p. 32-37, 2001.

PROGRAMA NACIONAL DE MEIO AMBIENTE II - PNMAII. Diagnóstico Estratégico da Bacia Hidrográfica e cenários de desenvolvimento. In: **Plano diretor de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas 2004 – 2010**. Belo Horizonte, MG, agosto de 2004.

RAMALHO, J. F. G. P; SOBRINHO, N. M. B. do A.; VELLOSO, A. C. X. Contaminação da microbacia de Caetés com metais pesados pelo uso de agroquímicos. **Pesq. agropec. bras.** V 35 n.7, p. 1289-1303, 2000.

ROCHA, J. C. *et al.* Agilização do processo de rotina analítica para a determinação da DQO (demanda química de oxigênio). **Quim. Nova**, v. 13, p.200-201, 1990.

RODRIGUÉZ, M. P. **Avaliação da qualidade da água da bacia do Alto Jacaré-Guaçú/SP (Ribeirão do Feijão e Rio do Mojolinho), através de variáveis físicas, químicas e biológicas**. Tese de doutorado em Ciências da Engenharia A da Escola de engenharia de São Carlos – São Paulo. São Carlos, 2001.

RODRIGUES, R. R.. **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP, 2004.

SANTOS *et al.* **Hidrometria Aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SANTOS, O.V. dos; MARCONDES, T; CORDEIRO, J.L.F. **Estudo da cadeia do leite em Santa Catarina: prospecção e demandas**. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2006.

SCHUSTER, K. F.; SOUZA-FRANCO, G. M. de. Macroinvertebrados bentônicos como bioindicadores da qualidade das águas da microbacia do Lajeado São José, Chapecó – Santa Catarina. **Acta Ambiental Catarinense**, v.2 (1), p. 7-21, 2003.

SECRETARIA DE PESQUISA E PLANEJAMENTO. Base de dados cartográficos. Chapecó: Prefeitura Municipal de Chapecó, 2006.

_____ **Plano Diretor de Desenvolvimento**. Chapecó, 2004.

SEILER, H.G.; SIGEL, H. **Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds**. New York: Marcel Dekker Inc, 1998.

SILVA, N. da *et. al.* **Manual de métodos de análise microbiológica da água**. Campinas: ITAL, 2000.

SOARES, J. B; MAIA, A. C. F. **Água: microbiologia e tratamento**. Fortaleza: EUFC, 1999.

SQUILLACE, P. J. *et al.* VOCs, pesticides, nitrate and their mixtures in groundwater used for drinking water in the United States. **Environmental Science & Technology**, v. 36(9), p. 1923-1930, 2002.

STAT SOFT INC. Statistic talsa 6.0, 2001.

STUMM, W.; MORGAN, J.J. **Aquatic chemistry: chemical equilibrium and rates in natural waters**. 3.ed. New York: John Wiley & Sons, 1996.

SUGIYAMA, M.; HORI, T.; KIHARA, S.; MATSUI, M. Geochemical behavior of trace elements in Lake Biwa. **Limnology** v. 6, p. 117–130, 2005.

TATE, C. M.; HEINY, J. S. The ordination of benthic invertebrate communities in the South Platte River Basin in relation to environmental factors. **Freshwater Biology**, v. 33 p. 439-454, 1995.

TIMOTHY, B. S.; WILLIAN J. S.; STEPHEN S. H.. Application of classification-tree methods to Identify nitrate sources in ground water. **J. Environ. Qual.** 31:1538–1549, 2002.

TOLEDO, L. G. de; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Sci. agric.**, v.59, no.1, p.181-186, 2002.

TOMIGARA, M.Y.; MÍDIO, A.F. Exposição humana a trihalometanos presentes na água tratada. **Rev. Saúde Pública**, v.33(4) p. 413-421, 1999.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. **Microbiologia**. 6. Ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

TUCCI, C.E.M. (Org.) **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 1997.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, 2003.

Van HELMOND, C. A. M.; BREUKEL, R. M. A. Physic-chemical water quality indices. In: OTTENS, J. J et al.. Monitoring, tailor-made II. **Proceedings of an International Workshop on information strategies in water management, Nuspeet, The Netherlands**, p 475-479, 1997.

VAZ, A. J.; LIMA, I. V. D. Imunotoxicologia dos metais. In: AZEVEDO, F. A. D.; CHASIN A. A. D. M. **Metais, gerenciamento da toxicidade**. Editora Ateneu, p. 399-414, 2003.

Von SPERLING, M. **Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG, 1996.

WERLANG, A. A. **A colonização do oeste catarinense**. Chapecó: Argos, 2002.

_____ **Disputas e ocupação no oeste catarinense: a atuação da Companhia Territorial Sul Brasil**. Chapecó: Argos, 2006.

ZAGATTO, P. A. *et al.* Aperfeiçoamento de um índice de qualidade de águas. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v. 11(2) p. 111-126, 1999.

ZAKIA, M.J.B.; RIGHETTO, A.M.; LIMA, W.P. Delimitação da zona ripária em uma microbacia. In: LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. (Org.) **As florestas plantadas e a água: implementando o conceito de bacia hidrográfica como unidade de planejamento**. São Carlos: RiMa, 2006.

APÊNDICES

Apêndice 1: Concentração de alguns metais em insumos agrícolas.

Elemento	Fertilizantes Fosfatados mg/kg	Calcário mg/kg	Fertilizantes nitrogenados mg/kg	Esterco mg/kg	Pesticidas g/kg
Cd	0,1-170	0,04-0,1	0,05-8,5	0,3-0,8	-
Cr	66-245	10-15	3-19	5,2-55	-
Cu	1-300	2-125	1-15	2-60	120-500
F	8.500-38.000	300	82-212	7	180-450
Mn	40-2.000	40-1.200	-	30-550	-
Pb	7-225	20-1.250	2-1.450	6,6-3.500	600
Zn	50-1.450	10-450	1-42	15-250	13-250

Fonte: Kabata-Pendias; Pendias (2001).

Apêndice 2: Pontos de coleta na microbacia do lajeado Passo dos Índios











Ponto P15 – Lajeado Palmital



Ponto P16 – Lajeado Passo dos Índios



Ponto P17 – Rio dos Índios 2006 12 4

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)