



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

AMANDA DE BARROS AMARAL

**AVALIAÇÃO DE MANANCIAS
SUBTERRÂNEOS E SUPERFICIAIS DA BACIA
DO CÓRREGO SOSSEGO CONSIDERANDO USO
PARA ABASTECIMENTO DOMÉSTICO E
IRRIGAÇÃO - CONTAMINAÇÃO POR
AGROTÓXICOS**

VITÓRIA – ES

2011

AMANDA DE BARROS AMARAL

**AVALIAÇÃO DE MANANCIAS
SUBTERRÂNEOS E SUPERFICIAIS DA BACIA
DO CÓRREGO SOSSEGO CONSIDERANDO USO
PARA ABASTECIMENTO DOMÉSTICO E
IRRIGAÇÃO - CONTAMINAÇÃO POR
AGROTÓXICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Edumar Ramos Cabral
Coelho.

VITÓRIA – ES

2011

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

A485a Amaral, Amanda de Barros, 1979-
Avaliação de mananciais subterrâneos e superficiais da
bacia do Córrego Sossego considerando o uso para
abastecimento doméstico e irrigação – contaminação por
agrotóxico / Amanda de Barros Amaral. – 2011.
178 f. : il.

Orientador: Edumar Ramos Cabral Coelho.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Produtos químicos agrícolas. 2. Bacias hidrográficas.
3. Água - Qualidade. 4. Modelos matemáticos. 5. Lixiviação.
6. Sossego, Córrego, Bacia (ES). I. Coelho, Edumar Ramos
Cabral. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro
Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

AMANDA DE BARROS AMARAL

**AVALIAÇÃO DE MANANCIAS
SUBTERRÂNEOS E SUPERFICIAIS DA BACIA
DO CÓRREGO SOSSEGO CONSIDERANDO USO
PARA ABASTECIMENTO DOMÉSTICO E
IRRIGAÇÃO - CONTAMINAÇÃO POR
AGROTÓXICOS**

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisição parcial para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada em 10 de agosto de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Edumar Ramos Cabral Coelho
Orientador – DEA/CT/UFES

Prof. Dr. Edmilson Costa Teixeira
Examinador Interno - DEA/CT/UFES

Dra. Maria Conceição Peres Young Pessoa
Examinador Externo – Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna/SP

DEDICATÓRIA

*À Deus, pela oportunidade de viver esta experiência
e por me dar força e sabedoria para finalizar este trabalho.*

Aos meus pais Linda e Amaral, pelo incentivo, amor e compreensão.

Aos meus irmãos Rodrigo e Aline, pela amizade e cumplicidade.

AGRADECIMENTOS

À FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo, pela concessão da bolsa de mestrado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq Labgest/CT-Hidro (Projeto Agronegócio) / Processo nº 574679/2008-1 / pelo apoio financeiro nas análises laboratoriais e pesquisas de campo;

Aos produtores rurais de Itarana, em especial ao Beto, Sr. Marinho, D. Iraci e seus familiares, que forneceram informações necessárias ao trabalho, pela confiança e consentimento para que a parte experimental deste trabalho fosse realizada em suas propriedades. Obrigada pelo carinho e amizade.

À prof. Dra. Edumar Ramos Cabral Coelho, pela orientação deste trabalho, pelos ensinamentos, pela compreensão, amizade e companheirismo.

À banca avaliadora Dr(a). Maria Conceição Peres Young Pessoa, da EMBRAPA - Meio Ambiente de Jaguariúna-SP, e ao Professor Dr. Edmilson Costa Teixeira, da UFES, pela colaboração na orientação de pontos específicos e pelas sugestões apresentadas para a melhoria da dissertação.

Ao Incaper – Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural, na pessoa de Jean Carlos Daré, pelo apoio nas atividades de campo e na disponibilização de informações necessárias ao presente trabalho.

Obrigada de coração a todos que me acolheram aqui no Espírito Santo, lugar que aprendi a amar. Aos amigos do LABSAN, pelo apoio incondicional neste trabalho, pelo companheirismo e carinho ao longo dessa jornada. De uma forma especial gostaria de agradecer ao Paulo, Lorena, Lucas, Jairo, Georgette, Cecília, Andréia Carvalho, Andréia do Rozário, Renata, Marcus Covre, Brunella, Alexandre e Rodrigo pela amizade e ajuda constante na realização deste trabalho; ao surgimento de novas amizades e as longas prosas e tantos cafés com Sara, Paula e Cristiane, que muito me ajudaram na revisão e resumo da dissertação. Sentirei saudades.

À minha tão amada e querida amiga/irmã Fabiana, pelo carinho e cuidado comigo e pela ajuda incondicional neste trabalho. As minhas “sobrinhas” Thaína e Thais e a toda sua família por me acolherem. Sou eternamente grata.

Aos colegas do LABGEST em especial ao Sirlei, Marcos, Diogo, Rodrigo, pelo auxílio em campo e pela colaboração na realização deste trabalho. À professora Dr(a) Gisele Girardi e ao professor Dr. Luiz Machado pelas sugestões dadas.

À técnica e amiga tão querida Elaine, do LABSAN, pela atenção e carinho que sempre teve com todos a sua volta e pela ajuda nas análises de laboratório e nos trabalhos de campo. À minha estagiária Alícia pela ajuda nas análises e nos trabalhos de campo, por sua dedicação e companheirismo e pela amizade construída.

À Paula Santos minha eterna amiga de república pela revisão da dissertação. À Rosane pelos conselhos e direcionamento dados durante o período do mestrado.

*"Todos os frutos de amanhã
estão nas sementes de hoje."*

Provérbio Chinês

RESUMO

O uso inadequado de agrotóxicos pode levar à contaminação do ar, solo, mananciais superficiais e subterrâneos, gerando efeitos negativos em organismos terrestres, aquáticos e à saúde humana. O presente trabalho teve como principal objetivo avaliar os mananciais subterrâneos e superficiais da Bacia do Córrego Sossego (Itarana – ES), considerando seus usos para abastecimento doméstico e para irrigação, quanto à potencial contaminação por agrotóxicos. Assim, avaliou parâmetros físico-químicos e microbiológicos de qualidade da água. Também foi realizada uma avaliação do risco potencial de contaminação da água por lixiviação dos princípios ativos de agrotóxicos aplicados na bacia, utilizando modelos matemáticos “screening”, a saber, índice de GUS e método de GOSS. Esse resultado priorizou 05 princípios ativos com alto potencial para lixiviação e o monitoramento das águas dos mananciais superficiais e subterrâneos quanto à presença de resíduos. A coleta das amostras de água foi realizada mensalmente, no período entre maio e dezembro de 2010, em 4 pontos ao longo do córrego Sossego e em 3 poços rasos para coleta de água subterrânea. Embora a região estudada apresentasse um elevado potencial à contaminação por agrotóxicos, os princípios ativos não foram encontrados durante o período de monitoramento, nas amostras de água analisadas. Algumas amostras de água superficial apresentaram desconformidade em relação à legislação CONAMA 357/2005 para rios de classe 2 referentes à contaminação por coliformes termotolerantes (*E. coli*), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) e cor, comprometendo o uso na irrigação de hortaliças e plantas frutíferas. As águas subterrâneas apresentaram indicadores de más condições sanitárias, visto que foram detectadas presenças de *E.coli* e nitrato em valores superiores aos determinados pelos padrões de potabilidade, comprometendo o uso para abastecimento.

PALAVRAS-CHAVE: Produtos químicos agrícolas; Bacias hidrográficas; Água – Qualidade; Modelos matemáticos; Lixiviação; Sossego, Córrego, Bacia (ES).

ABSTRACT

Improper use of pesticides can lead to contamination of air, soil, surface and underground water sources, causing negative effects on terrestrial organisms, aquatics and human health. This study aimed to evaluate the surface and groundwater sources Basin Stream Sossego (Itarana-ES), considering its use for domestic supply and irrigation, as to the potential contamination by pesticides. Thus, evaluating physico-chemical and microbiological water quality. Was also carried out an assessment of the potential risk of water contamination by leaching of the active ingredients of pesticides applied in the basin, using mathematical models, "screening", ie GUS index and method of GOSS. This result has prioritized 05 active ingredients with high potential for leaching and monitoring of surface water and groundwater for the presence of residues. The collection of water samples was carried out monthly between May and December 2010, at 4 points along the creek Sossego and three shallow wells to collect groundwater. Although the study area has a high potential for contamination by pesticides, the active ingredients were not found during the monitoring period, the water samples analyzed. Some surface water samples showed inconsistency with regard to legislation CONAMA n° 357/2005 for rivers of Classe 2 relating to contamination by fecal coliform (*E. coli*), dissolved oxygen (OD), BOD, and color, compromising the use in irrigation of vegetables and fruit trees. Groundwater had indicators of poor health, since they were detected presence of *E. coli* and nitrate values higher than those determined by the standards of potability, compromising the use for supplies.

Keywords: Agricultural Chemicals; Watersheds, Water - Quality; Mathematical models; leaching; Sossego, stream, Basin (ES).

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo conceitual de fatores e processos que governam o destino de agrotóxicos no solo e como o destino desses afeta a sua eficácia e o impacto ambiental.....	40
Figura 2	Transporte e destino dos agrotóxicos no ambiente.	42
Figura 3	Localização da bacia hidrográfica do córrego sossego.	59
Figura 4	Imagem de satélite com a localização das comunidades da microbacia do córrego sossego.	60
Figura 5	Sistema de irrigação por aspersão.	65
Figura 6	Sistema de aspersão por canhão hidráulico.	65
Figura 7	Sistema de irrigação por gotejamento	65
Figura 8	Sistema de irrigação por microaspersão	65
Figura 9	Sistema localizado com emissor do tipo “Microjet.”	66
Figura 10	Mapa da Bacia Hidrográfica do Córrego Sossego com a indicação dos pontos de amostragem.	74
Figura 11	Amostragem de água subterrânea: saída da bomba (A) e da torneira (B).	75
Figura 12	Estrutura do trabalho.	78
Figura 13	Fonte de água usada na irrigação.	80
Figura 14	Poços rasos encontrados nas propriedades da Bacia do Córrego Sossego. Poços Tubulares Rasos (A), (B) E (C) E (D).	80
Figura 15	Usos dos poços artesianos encontrados a partir do levantamento realizado nas propriedades da bacia do Córrego Sossego.	81
Figura 16	Classificação toxicológica dos agrotóxicos usados nas propriedades estudadas da bacia do Córrego Sossego.	84
Figura 17	Localização área 1- pontos de coleta.	95
Figura 18	Área 1: rio com pouca água em agosto de 2010 (a) e rio seco em setembro de 2010 (b).	97

Figura 19	Localização área 2- pontos de coleta.	98
Figura 20	Localização área 3- pontos de coleta.	101
Figura 21	Sistema de irrigação usado nas culturas de banana e café da área 3. Destaque (setas em vermelho) para os sistemas utilizados.	102
Figura 22	localização área 4 – ponto de coleta	104
Figura 23	Precipitação Pluviométrica registrada na Estação Meteorológica localizada no Município de Itarana-ES em 2010. Coordenadas: LAT: 19,867s LON: 40,883W ALT: 245m.....	106
Figura 24	Distribuição temporal da vazão dos pontos monitorados na Bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.	107
Figura 25	Valores de Nitrito (mL/L de N-NO ₂) dos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.....	109
Figura 26	Valores de Nitrato (mL/L de N-NO ₂) dos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.....	109
Figura 27	Valores de temperatura (°c) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.	111
Figura 28	Valores de OD (mg/L de O ₂) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.	112
Figura 29	Valores de pH nos pontos monitorados na microbacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.	114
Figura 30	Variação da Condutividade Elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.....	115
Figura 31	Variação da turbidez (NTU) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.	117
Figura 32	Variação de cor (mg Pt/L) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.	118
Figura 33	Variação da Demanda Bioquímica de Oxigenio (DBO ₅) em mg/L O ₂ dos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.....	119

Figura 34	Variação da concentração de Coliformes Totais (nmp/100mL) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.....	121
Figura 35	Variação da concentração de Coliformes Fecais (nmp/100mL) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Alguns Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos para o Enquadramento das Águas para Classe II e seus usos (CONAMA nº 357/2005).....	29
Tabela 2 - Padrões de potabilidade da água.	30
Tabela 3 - Faixas de classificação dos agrotóxicos conforme o Índice GUS.....	51
Tabela 4 - Critérios de avaliação do potencial de transporte de agrotóxicos segundo Método de Goss.....	52
Tabela 5 - Comparação dos Valores Máximos Permitidos (VMP) para Agrotóxicos listados em Legislações pertinentes à Qualidade da Água.	56
Tabela 6 - Comparação dos Valores Máximos Permitidos (VMP) para Agrotóxicos listados pela Resolução CONAMA nº 396 de 2008.	58
Tabela 7 - Pontos de monitoramento e amostragem nos córregos e poços artesianos das propriedades rurais estudadas e suas coordenadas geográficas.	73
Tabela 8 - Parâmetros analisados, método analítico e equipamentos utilizados.....	76
Tabela 9 - Condições cromatográficas para os agrotóxicos em estudo.....	77
Tabela 10 -Principais culturas desenvolvidas na bacia do Córrego Sossego.....	82
Tabela 11 -Agrotóxicos utilizados nas propriedades estudadas da bacia do Córrego Sossego na região de Itarana – ES.	83
Tabela 12 -Relação dos ingredientes ativos utilizados nas propriedades estudadas e respectivas culturas.....	84
Tabela 13 -Potencial de lixiviação dos agrotóxicos utilizados nas 13 propriedades estudadas na bacia do Córrego Sossego, de acordo com Índice de GUS. (continua)	87
Tabela 13 -Potencial de lixiviação dos agrotóxicos utilizados nas 13 propriedades estudadas na bacia do Córrego Sossego, de acordo com Índice de GUS. (conclusão)	88

Tabela 14 -Potencial de contaminação dos agrotóxicos utilizados nas 13 propriedades estudadas na bacia do Córrego Sossego, de acordo com Critério de Goss. (continua).....	91
Tabela 15 -Tabela resumo das principais características das sub-bacias da bacia Hidrográfica do Córrego Sossego- ES.....	105
Tabela 16 -Tabela das concentrações de Nitrato e Nitrito (mg/L) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego- ES.....	108
Tabela 17 -Valores de temperatura (°C) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego- ES.....	110
Tabela 18 -Tabela das concentrações de OD (mg/L de O ₂) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego-ES.....	112
Tabela 19 -Valores de pH nos pontos monitorados na bacia Hidrográfica do Córrego Sossego- ES.....	113
Tabela 20 -Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$) nos pontos monitorados na bacia Hidrográfica do Córrego Sossego- ES.	114
Tabela 21 -Valores de turbidez (NTU) nos pontos monitorados na bacia Hidrográfica do Córrego Sossego- ES.....	116
Tabela 22 -Valores de cor verdadeira (mg Pt/L) dos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego- ES.....	117
Tabela 23 -Valores de DBO ₅ (mg/L) dos pontos monitorados da bacia do Córrego Sossego-ES.....	119
Tabela 24 -Variação de coliformes totais (NMP/100mL) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego- ES.	120
Tabela 25 -Variação de <i>E.coli</i> (NMP/100mL) nos pontos monitorados na bacia Hidrográfica do Córrego Sossego-ES.....	121
Tabela 26 -Profundidade de água nos poços (cm) monitorados na bacia do Córrego Sossego.....	125
Tabela 27 -Análises físico-químicas e microbiológicas de amostras das águas dos poços estudados entre maio e dezembro de 2010 na bacia do Córrego	

Sossego, ES e os padrões estabelecidos pela Resolução 396 do
CONAMA e pela Portaria 518 do Ministério da Saúde (continua). 126

LISTA DE SIGLAS

μg	Micrograma
λ	Lâmbda
$^{\circ}\text{C}$	Grau Celsius
AF	<i>Attenuation Factor</i>
AMPA	Ácido Aminometil Fosfônico
ANDEF	Associação Nacional de Defesa Vegetal
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	<i>American Public Health Association</i>
atm	Atmosfera
BH	Bacia Hidrográfica
CEASA/ES	Central de Abastecimento do Espírito Santo
cm^3	Centímetro Cúbico
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DL	Dose Letal
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DT ₅₀	Meia Vida 50
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
ES	Espírito Santo
g	Grama
GEARH	Grupo de Estudos e Ações em Recursos Hídricos
h	Hora
ha	Hectare
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDA	Ingestão Diária Aceitável
IDS	Indicadores de Desenvolvimento Sustentável
IEMA	Instituto Estadual de Meio Ambiente
INCAPER	Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural
IJSN	Instituto Jones dos Santos Neves
Kd	Coefficiente de Partição ou Distribuição
Kg	Quilograma
K _H	Constante da Lei de Henry
Km	Quilômetro
Km ²	Quilômetro quadrado
Koc	Coefficiente de Adsorção ao carbono orgânico do solo
K _{ow}	Coefficiente de Partição n-octanol/água
l	Litro
LABGEST	Laboratório de Gestão de Recursos Hídricos e Desenvolvimento Regional
LABSAN	Laboratório de Saneamento
LIX	Leaching IndeX
log	Logarítmo base 10
LQA	Laboratório de Química Ambiental
m	Metro
m ²	Metro Quadrado
m ³	Metro Cúbico

mca	Metros de coluna d'água
mg	Miligrama
MHCS	Microbacia Hidrográfica do Córrego Sossego
mL	Mililitro
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento
mm	Milímetro
Mm Hg	Milímetro de Mercúrio
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
NMP	Número mais provável
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde
P	Pressão de Vapor
Pa	Pascal
PARA	Programa de Análise de Resíduos de Agrotóxicos
pH	Potencial Hidrogeniônico
pKa	Constantes de Ionização Ácido
pKb	Constantes de Ionização Base
ppm	Partes por milhão
PIB	Produto Interno Bruto
PIRI	<i>Pesticides Impact Rating Index</i>
RF	<i>Retardation Factor</i>
SEAG	Secretaria de Estado de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca
SINDAG	Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola
S	Solubilidade em Água
TLPI	<i>Temperature Leaching Potential Index</i>
uC	Unidade de Cor equivalente a uH (unidade Hanzen)
UFES	Universidade Federal do Espírito Santo
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
UTM	<i>Universal Transverse de Mercator</i>
USP	Universidade de São Paulo
UT	Unidade de turbidez
VMP	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	21
2. OBJETIVOS.....	24
2.1 OBJETIVO GERAL	24
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.1 BACIA E MICROBACIA HIDROGRÁFICA	25
3.2 POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS	25
3.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUA QUALIDADE PARA CONSUMO HUMANO	27
3.4 ÁGUA SUBTERRÂNEA	30
3.4.1 Desinfecção	32
3.5 AGROTÓXICOS.....	33
3.5.1 Definição e Classificações dos Agrotóxicos	34
3.5.2 Propriedades Físico-Químicas dos Agrotóxicos.....	36
3.5.3 Processos que influenciam o Comportamento e Destino dos Agrotóxicos no Ambiente	39
3.5.4 Ocorrência e Monitoramento de Agrotóxicos no Ambiente Aquático	44
3.5.5 Metodologias de identificação e quantificação de agrotóxicos.....	48
3.5.6 Modelos de Avaliação do Potencial de Contaminação de Corpos Hídricos por Agrotóxicos.....	48
3.5.7 Legislação Brasileira de Agrotóxicos.....	52
3.5.8 Legislações Ambientais, de Potabilidade e de Irrigação	54
3.6 MICROBACIA DO CÓRREGO SOSSEGO	59
3.6.1 Tipos de Sistema de Irrigação.....	64
4. METODOLOGIA.....	68
4.1 ASPECTOS GERAIS	68

4.1.1 Etapa 1.....	68
4.1.2 Etapa 2.....	69
4.1.3 Etapa 3.....	70
4.1.4 Etapa 4.....	71
4.1.5 Etapa 5.....	72
4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS	75
4.3 ANÁLISE DE AGROTÓXICOS	76
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	79
5.1 ETAPAS 1 E 2.....	79
5.1.1 Caracterização da bacia do Córrego Sossego referente às propriedades estudadas.....	79
5.1.2 Culturas cultivadas nas propriedades rurais estudadas.....	81
5.1.3 Agrotóxicos usados nas propriedades rurais estudadas.....	82
5.2 ETAPA 3	86
5.2.1 Potencial de contaminação de águas subterrâneas pelos agrotóxicos mais utilizados nas propriedades estudadas	86
5.2.2 Potencial de contaminação de águas superficiais pelos agrotóxicos mais utilizados nas propriedades estudadas	89
5.3 ETAPA 4	93
5.3.1 Avaliação das condições ambientais, sanitárias e agronômicas dos 4 pontos definidos para estudo, com base em informações de campo	93
5.4 ETAPA 5	104
5.4.1 Monitoramento da qualidade da água do manancial superficial.....	104
5.4.2 Monitoramento da qualidade da água do manancial subterrâneo.....	124
5.4.3 Análise de agrotóxicos em água superficial e subterrânea	132
6. CONCLUSÕES.....	135
7. RECOMENDAÇÕES	137

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
9. ANEXOS.....	157
10. APÊNDICES	162

1. INTRODUÇÃO

Dentre os recursos naturais fundamentais, a água é o que possui maior destaque, pois sua disponibilidade e acesso são necessários a todo tipo de vida no planeta, bem como para a maioria dos meios de produção (SARDINHA et al.,2008).

Segundo Rebouças (2002), os problemas relacionados à escassez hídrica estão relacionados ao crescimento rural e urbano desordenado e, inclusive, aos processos de degradação da qualidade deste recurso, resultando, dessa forma em limitações para seu consumo.

As três categorias principais de uso da água são as agrícola, industrial e doméstico; destacando-se o setor agrícola como o maior usuário na maioria dos países em desenvolvimento. Estima-se que nesses países a irrigação utiliza 70% de toda a água retirada de rios, lagos e mananciais subterrâneos (PRUSKI et al.,2004).

A procura por maior produtividade no meio agrícola tem levado ao consumo inadequado de produtos químicos, como fertilizantes e agrotóxicos, implicando em sérios problemas para a qualidade e quantidade das águas superficiais (TELLES, 2002; MILHOME et al., 2009) Em água subterrânea estes compostos são considerados uma ameaça potencial à qualidade deste manancial, principalmente quando os aquíferos estão localizados ou próximos de uma região utilizada para atividades agrícolas (SÁ BARRETO, 2006).

Entre os elementos exigidos pelas culturas, o nitrogênio pode apresentar um alto impacto sobre as águas subterrâneas. Sua ocorrência principalmente na forma de nitrato pode contaminar extensas áreas, devido à alta mobilidade em água e por ser pouco adsorvido ao solo (ANA, 2005). Já em águas superficiais, o aumento na carga de nitrato está diretamente relacionado ao processo de eutrofização dos mananciais (RESENDE, 2002).

Em contato com o organismo humano, o nitrato se converte em nitrito, que, por sua vez, combina-se com a hemoglobina para formar metemoglobina, impedindo o transporte de oxigênio no sangue. Esta combinação em idosos e crianças muito pequenas pode causar cianose intensa (metahemoglobinemia) e levar à morte. Além disso, no estômago do homem o nitrito pode gerar as nitrosaminas, que têm sido classificadas como substâncias cancerígenas (LIMA; PEDROSA; ROCHA, 2008).

Em relação aos agrotóxicos, além de proteger as culturas agrícolas das pragas, doenças e plantas daninhas, podem oferecer risco ambiental e graves problemas à saúde. O uso frequente e inadequado de agrotóxicos aumenta o risco de contaminação do ar, dos solos, das

águas superficiais e subterrâneas, apresentando conseqüentemente efeitos negativos em organismos terrestres e aquáticos. Em humanos, a exposição direta (intoxicação de produtores rurais) ou indireta (pelo consumo de água e alimentos contaminados) vem sendo reportada como constante causa de intoxicação (SPADOTTO, 2004).

Os agrotóxicos podem persistir por anos no solo, aumentando o risco de contaminação de mananciais superficiais através de solos carregados pelo escoamento das águas, ou de lençóis freáticos e subterrâneos, pela lixiviação desses produtos através do perfil dos solos (TOMITA; BEYRUTH, 2002; SANCHES et al., 2003). Portanto, a decorrente exposição aos agrotóxicos pode comprometer os usos múltiplos da água pelas comunidades humanas, principalmente próximas às áreas cultiváveis.

Apesar do potencial risco associado à presença de agrotóxicos em água, o seu monitoramento ainda é uma prática pouco aplicada no Brasil. Na maioria das vezes a concentração de agrotóxicos em água é baixa, em parte por serem, geralmente, pouco solúveis e, em parte, devido ao efeito de diluição. Contudo, mesmo nessas concentrações, alguns produtos representam riscos para certas espécies de organismos aquáticos, que podem concentrá-los em até 1000 vezes (FERRAZ, *apud* FERRACINI et al., 2001).

Segundo Menezes (2006), a detecção de moléculas de agrotóxicos em água tem sido muito limitada quando se busca atender à legislação pertinente e a sua inclusão em outros planos de monitoramento não é comum, principalmente devido ao custo elevado das análises e à necessidade de pessoal especializado. Nas várias regiões brasileiras, há uma carência de dados sobre o uso de agrotóxicos na agricultura, bem como de estudos que associe o seu uso à presença na água e principalmente, aos riscos à saúde humana.

Considerando a importância da Bacia do Córrego Sossego em Itarana-ES, que é utilizada como uma bacia experimental desde 2002, a partir do desenvolvimento do “Projeto GEARH-NES: Desenvolvimento de instrumento para gestão de recursos hídricos no norte do Espírito Santo” (GEARH, 2003), trata-se de uma fonte de desenvolvimento de estudos científicos e tecnológicos de gestão integrada de recursos hídricos com foco no desenvolvimento sustentável local (TEIXEIRA et al., 2007). Entre os resultados do diagnóstico apresentado no estudo, foi observado um elevado estado de degradação ambiental inclusive no que se refere as águas superficiais e subterrâneas. Dentre as fontes de contribuição para essa problemática apresentam-se o uso intensivo de agrotóxicos e fertilizantes além da disposição inadequada de esgoto doméstico.

Mesmo com esses problemas, a bacia do Sossego explora os seus recursos subterrâneos e superficiais para abastecimento e irrigação e também para o desenvolvimento social e econômico da população havendo, assim, necessidade de informações básicas e essenciais quanto aos aspectos de qualidade e potenciais riscos de contaminação desse recurso hídrico. Isso posto, foram definidos os objetivos do trabalho apresentados no capítulo a seguir.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o potencial de contaminação da água subterrânea e superficial por agrotóxicos na Bacia do Córrego Sossego no Município de Itarana/ES, considerando seu uso para abastecimento doméstico e irrigação.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar as propriedades rurais da Bacia Hidrográfica do Córrego Sossego a partir de levantamento do uso dos mananciais e dos principais agrotóxicos aplicados nas culturas existentes na região.
- Levantar, definir e aplicar modelos matemáticos “*screening*” para avaliar o potencial de contaminação de águas subterrâneas e superficiais por transporte de agrotóxicos utilizados na bacia.
- Caracterizar as águas dos mananciais superficiais e subterrâneos da bacia em estudo, através de análises físico-químicas, microbiológicas, de agrotóxicos e nitrato, relacionando os níveis detectados com os valores máximos permitidos, previstos em legislação, considerando os usos domésticos e agrícola de forma a subsidiar o gerenciamento de recursos hídricos levando em consideração o enquadramento de corpos d’água em nível de microbacia hidrográfica.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 BACIA E MICROBACIA HIDROGRÁFICA

Segundo Silveira (2001), o conceito de bacia hidrográfica (BH) envolve explicitamente um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar um leito único no exutório.

Entre os termos bacia e microbacia hidrográfica, com relação ao fator área, Lima e Zakia (2000) explicam que, do ponto de vista hidrológico, são classificadas em grandes e pequenas, não com base em sua superfície total, mas nos efeitos de certos fatores dominantes na geração do deflúvio. Desta forma, as microbacias possuem como características que as difere, a grande sensibilidade às chuvas de alta intensidade e de curta duração, como também as diferenças de uso do solo (cobertura vegetal). Isso quer dizer que as alterações, tanto na qualidade quanto na quantidade do deflúvio, decorrentes de intensas chuvas e no uso do solo são detectadas com mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias (JUNIOR, 2008).

As características que descrevem uma BH são clima, relevo, geologia, área de drenagem, cobertura vegetal, hidrologia, tipo, uso e ocupação solo. Cada um desses elementos detém atributos que representam, numa escala espacial e temporal, sua qualidade ambiental. Isso acontece a partir de processos dinâmicos de transferências de materiais e da forma como a bacia é ocupada, refletindo, desta forma, nas características do rio (OLIVEIRA, 2007).

3.2 POLUIÇÃO E CONTAMINAÇÃO DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A Lei federal 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, conceitua poluição como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que, direta ou indiretamente,

a) prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

- b) criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- c) afetem desfavoravelmente a biota;
- d) afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente;
- e) lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos.

Os padrões de qualidade da água são utilizados para regulamentar os níveis de qualidade a serem mantidos em um corpo d' água, estando de acordo com o uso a que se destina. O uso dos padrões de qualidade atende a dois propósitos: manter a qualidade do curso d' água ou definir a meta a ser atingida; base para definir os níveis de tratamento a serem adotados na bacia, de modo que os efluentes lançados não alterem as características do curso de água estabelecidas pelo padrão (PORTO et al., 1991). Para tanto, existem legislações específicas que estabelecem os limites dos parâmetros permitidos e adequados para os diferentes usos.

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução nº 357, de março de 2005, estabelece níveis de qualidade para águas ambientais, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar o uso das águas doce, salinas e salobra (BRASIL, 2005). Já a Resolução CONAMA nº 396, de abril de 2008 estabelece níveis de qualidade para águas subterrâneas considerando os usos preponderantes (BRASIL, 2008).

A poluição dos corpos d' água se dá de forma pontual e difusa e por origem natural ou antrópica (LIBÂNIO, 2005). A poluição pontual é aquela em que o poluente atinge o corpo d' água de forma concentrada no espaço; já nas fontes difusas de poluição, os poluentes adentram o corpo d' água distribuídos ao longo de sua extensão (Von SPERLING, 2005).

Em bacias agrícolas, a poluição dos solos decorrentes de fontes difusas, como o uso exagerado de fertilizantes e agrotóxicos, é considerada a principal causa de poluição das águas superficiais e subterrâneas (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISE, 2002; JACOMINI, 2006; SILVA, 2004).

De acordo com Von Sperling (2005), os principais agentes poluidores das águas são: sólidos em suspensão, matéria orgânica biodegradável, nutrientes, organismos patogênicos (coliformes), matéria orgânica não biodegradável (agrotóxicos, alguns detergentes, produtos farmacêuticos, etc), metais, sólidos inorgânicos dissolvidos. Estes potenciais poluentes são

frequentemente originários de fontes como os esgotos domésticos, despejos industriais e o escoamento superficial (área urbana e rural).

Segundo Bevilacqua, Azevedo e Cerqueira (2009), o enriquecimento elevado dos ambientes aquáticos, com nitrato e fosfato, acarreta a eutrofização dos mananciais. As principais fontes desse enriquecimento têm sido identificadas como as descargas de esgotos domésticos e industriais dos centros urbanos e a poluição difusa originada nas regiões agrícolas. Já o uso de agrotóxicos, como por exemplo, ametrina, diuron, tebutiuron, hexazinona, metribuzin, halosulfuron, clomazone, ametrina, 2,4-D, imazapic, fluazifop-p-butil, por serem facilmente lixiviados, oferecem riscos de contaminação dos mananciais (JACOMINI, 2006; SILVA 2004). Segundo estes autores, embora as entradas de fontes pontuais, como esgotos e efluentes, sejam fáceis de serem mensuradas, as entradas difusas de fonte agrícola são frequentemente difíceis de quantificar.

Com relação à contaminação, Braga et al (2005) a apresenta como a transmissão, por meio da água, de substâncias ou microorganismos nocivos à saúde. Diante disso a Portaria nº 518 de março de 2004, do Ministério da Saúde, estabelece procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2004).

Frente à importância da poluição ambiental, que se constitui num problema crescente e que tem se agravado com o uso intensivo de agrotóxicos, faz-se a seguir uma revisão sobre conceitos e classificações dos agrotóxicos, legislações pertinentes ao assunto, conhecimento dos processos que influenciam o comportamento e o destino destes no ambiente, bem como de modelos para avaliação do potencial de contaminação ambiental por agrotóxicos. Porém, antes de adentrar no assunto agrotóxico, será feita uma pequena revisão sobre monitoramento da qualidade de água em bacias hidrográficas; água subterrânea, sua forma de captação e desinfecção, para melhor entendimento do trabalho.

3.3 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS E SUA QUALIDADE PARA CONSUMO HUMANO

Segundo Von Sperlin (2005), devido as suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas à água acaba incorporando diversas substâncias, as quais definem a sua qualidade. A qualidade da água também está relacionada aos fenômenos naturais influenciados pela cobertura e composição do solo, além do seu uso e ocupação em uma bacia hidrográfica (LOUZADA; FONSECA, 2002).

Os diversos contaminantes químicos presentes em águas subterrâneas e superficiais podem ser retratados em termos de concentrações e variações de parâmetros físicos, químicos e biológicos (VON SPERLING, 2005).

Para Von Sperling (2001) a implementação de programas de monitoramento de ambientes aquáticos está atrelada ao conhecimento do corpo d'água, identificação de eventuais problemas, avaliação dos efeitos de medidas de recuperação, verificação da conformidade da qualidade com o uso previsto, bem como na comparação do estado atual do corpo hídrico com os padrões e recomendações vigentes. O autor considera ainda que o monitoramento de poucos parâmetros com coletas frequentes é considerado mais confiável que aquele realizado em monitoramento de muitos parâmetros com coletas esparsas.

As seleções dos parâmetros a serem amostrados devem estar associadas às características do local, usos da água e seus objetivos de qualidade. Neste sentido, devem ser avaliados parâmetros que forneçam, dentre outras, as seguintes informações essenciais: temperatura, pH, cor, turbidez, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, sólidos suspensos, ortofosfato, nitrogênio amoniacal, nitrato, cloretos, óleos e graxas, fenóis, arsênio, cádmio, cromo, ferro, manganês, mercúrio, fitoplâncton e clorofila A (VON SPERLING, 2001).

Dentre os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos cita-se o enquadramento dos corpos d'água em classes segundo os usos preponderantes da água. Como parte integrante do processo de gestão de qualidade da água, o artigo 9º da Lei 9.433/97 “assegura às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas; e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes”. A Resolução CNRH n° 91, de novembro de 2008, dispõe sobre procedimentos gerais para o

enquadramento de corpos de águas superficiais e subterrâneas representadas pelas Resoluções CONAMA 357/2005 e 396/2008.

Quando se trata de manancial superficial, o Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA através da resolução n° 357/05 fornece diretrizes de classificação em relação à qualidade da água e em função do enquadramento dos corpos hídricos em nove classes de uso preponderantes: para as águas doces (5 classes), salobras (2 classes) e salinas (2 classes). A **Tabela 1** -apresenta os limites prescritos nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados neste trabalho para rio de Classe II, que trata das águas superficiais, que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas, entre outros fins (BRASIL, 2005). Além desta, a Resolução CONAMA n° 396/2008, do Ministério do Meio Ambiente classifica e define as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas em seis classes, em virtude dos diversos usos que lhes são atribuídos.

Tabela 1 - Alguns Parâmetros Físico-Químicos e Microbiológicos para o Enquadramento das Águas para Classe II e seus usos (CONAMA n° 357/2005).

Parâmetro	Classe II	Usos
pH	6,0-9,0	
Cor Verdadeira (mg Pt/L e uC)	≤75	Ao abastecimento doméstico após tratamento convencional;
OD (mg de O ₂ /L)	>5	
Turbidez (uT)	≤100	à proteção das comunidades aquáticas;
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	≤ 5	à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho);
Nitrato (mg de N/L)	10	
Nitrito (mg de N/L)	1	à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas;
Coliformes totais (NMP/100mL)	NC	à aqüicultura e à atividade de pesca.
Coliformes fecais (NMP/100mL)	NC	

N.C. – Não Consta Padrão.

Quando nos reportamos ao uso da água para abastecimento público, esta, para ser considerada potável¹, deve responder às características de qualidade que estejam em conformidade com os valores permissíveis dos parâmetros químicos, físicos, organolépticos e microbiológicos. No Brasil, estes parâmetros estão regulamentados pela Portaria n° 518/2004 do Ministério da Saúde; que estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância

da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Conforme Narciso e Gomes (2004), independente da água ser de origem superficial ou subterrânea, quando se trata de potabilidade de água deve-se obedecer à Portaria nº518/2004. A Tabela 2 -apresenta a Portaria 518/2004 e a Resolução CONAMA 396/2008 em relação aos parâmetros analisados neste estudo, constatando-se semelhanças entre os padrões de potabilidade nitrato, nitrito e *E.coli* quando considerado o uso para consumo humano.

Tabela 2 - Padrões de potabilidade da água.

Parâmetros	Portaria MS 518/2004	RESOLUÇÃO CONAMA 396/2008 MMA			
		Consumo Humano	Dessedentação de animais	Irrigação	Recreação
pH	6,0 a 9,5	-	-	-	-
Cor aparente (uH)	15	-	-	-	-
Turbidez (uT)	5	-	-	-	-
Nitrato (mg/L)	10	10	90	-	10
Nitrito (mg/L)	1,0	1,0	10	1,0	1,0
Coliformes Totais	-	-	-	-	-
<i>E.coli</i>	Ausente em 100mL	Ausente em 100mL	200/100mL		800/100mL

3.4 ÁGUA SUBTERRÂNEA

Considera-se água subterrânea toda água que se encontra abaixo da superfície terrestre, estando intimamente ligada com as águas superficiais, sendo resultante do processo lento de infiltração das águas das chuvas que preenchem os poros e interstícios do solo, formando os aquíferos (LIBÂNIO, 2005). Desta forma, segundo Libânio (2005), os aquíferos são camadas ou formações geológicas que acumulam água e permitem seu movimento através dos espaços vazios, podendo ser retirada para aproveitamento nos diversos usos.

Aquíferos podem ser classificados em livres ou confinados. O aquífero livre, conhecido também como freático, consiste no lençol d'água localizado acima de uma camada impermeável do solo submetido à pressão atmosférica. Geralmente é encontrado em menor profundidade e, por consequência, devido ao fácil acesso permite uma maior exploração. Neste tipo de aquífero, normalmente, a disponibilidade de água depende basicamente dos períodos de estiagens ou chuvosos. A captação das águas deste aquífero pode se dar a partir de poços rasos ou nascentes. O aquífero confinado, denominado de aquífero artesiano ou

profundo, é aquele em que a água encontra-se entre duas camadas impermeáveis de material sólido. Em relação ao freático, o aquífero confinado, geralmente, é de grande produção, disponível em maiores profundidades e sujeito a uma pressão superior à atmosférica (BRASIL, 2006; LIBÂNIO, 2005; TUCCI, 2004).

¹ Na definição encontrada na Portaria MS nº 518/2004, água potável é a água para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendem ao padrão de potabilidade e não oferecem risco à saúde.

A captação de água subterrânea pode ser feita por poços rasos ou profundos, galerias de infiltração ou pelo aproveitamento das nascentes (BRASIL, 2006). No meio rural, os poços rasos e nascentes são as principais fontes de abastecimento de água e bastantes susceptíveis à contaminação (RIGOBELLO et al, 2009). Tal problema ocorre, na maioria dos casos, pela inexistência de redes coletoras de esgoto levando ao emprego de fossas negras e pela inadequada escavação e revestimento dos poços (LIBÂNIO, 2005).

Os poços rasos, conhecidos também como manuais ou freáticos, são escavações manuais ou mecânicas, de seção cilíndrica, com diâmetro variável (alguns centímetros até metros) cujas profundidades são definidas pelos níveis de água dos respectivos aquíferos. Em função das suas pequenas profundidades e da natureza das áreas onde são construídos, os poços rasos contribuem para a poluição do aquífero freático (HELLER e PÁDUA, 2006). Este tipo de captação é dividido em poços manuais simples, poços tubulares rasos e poços amazonas classificados da seguinte forma:

- Poços manuais simples: são escavações verticais realizadas a partir de ferramentas manuais; em geral possuem seções circulares e diâmetro próximo a um metro.
- Poços tubulares rasos: escavações verticais feitas a trado ou por cravação de hastes metálicas, geralmente em material inconsolidado;
- Poços amazonas: escavações verticais onde, em um só tempo, serve de local de produção e armazenamento de água. São poços rasos, geralmente com profundidades de até 10 metros e diâmetro entre 3 e 6 metros.

Durante a perfuração de um poço deve-se observar a sua localização, o tipo de construção, a proteção e a forma de retirada da água. Com relação à localização do poço, esta deve

obedecer à distância mínima de 15 metros entre o poço e a fossa séptica ou estar distante de qualquer fonte de poluição. Em relação a outros pontos de possíveis contaminações, tais como chiqueiros, estábulos, valões de esgoto, galerias de infiltração, convém estabelecer uma distância mínima de 45 metros. A proteção e a cobertura do poço têm por finalidade evitar a entrada de objetos contaminados, animais, papéis, folhas e lixo, de forma geral, com o intuito de prevenir a contaminação da água. (BRASIL, 2006).

Estudos realizados a partir de análises bacteriológicas e físico-químicas da água, proveniente do aquífero freático, têm demonstrado que a contaminação da água é proveniente de construções inadequadas dos poços, tornando-se notável a falta de conhecimento por parte da população quanto às normas técnicas para a exploração do aquífero e os possíveis riscos à saúde (FREITAS et al., 2001; SILVA, 2001; VERÍSSIMO et al., 2004).

3.4.1 Desinfecção

A Portaria MS nº 518/2004, que dispõe sobre o padrão de potabilidade da água no Brasil, estabelece em seu Artigo 22 que toda água fornecida coletivamente deve ser submetida ao processo de desinfecção para garantir o atendimento ao padrão microbiológico. Neste sentido, o cloro, dióxido de cloro, ozônio e a radiação ultravioleta estão entre os desinfetantes mais utilizados (BRASIL, 2006).

O cloro é o desinfetante de aplicação quase universal no Brasil e seus principais produtos utilizados no tratamento de água para consumo são: cloro-gás, hipoclorito de cálcio e hipoclorito de sódio (BRASIL, 2006).

De acordo com o Manual de Procedimentos de Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano (BRASIL, 2006), em situações de mananciais subterrâneos, soluções alternativas sem rede de distribuição ou soluções alternativas individuais (que necessitem apenas do processo de desinfecção) trazem na maioria das vezes, uso de formas simplificadas para desinfecção tais como: clorador por difusão, cloração com pastilhas e desinfecção com cloro líquido.

3.5 AGROTÓXICOS

Embora a agricultura moderna venha elevando a produtividade e atingindo níveis de produção que atendem às demandas do mercado, ela tem gerado impactos ambientais que comprometem a sustentabilidade dos ecossistemas agrícolas a médio e longo prazo (IBGE, 2010).

No caso do uso intensivo e indiscriminado de agrotóxicos, esta atividade é um problema crescente que contribui à poluição ambiental. A contaminação de mananciais superficiais e subterrâneos e, principalmente, a sua ocorrência em água para consumo humano tem sido alvo de constante preocupação (MENEZES, 2006).

O Brasil é considerado o terceiro maior exportador agrícola do mundo ficando atrás apenas dos Estados Unidos e da União Européia (IBAMA, 2010). Assim, em 2008, o Brasil se destacou por assumir o posto de maior mercado consumidor de agrotóxicos do mundo. Segundo levantamento realizado pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Agrícola (SINDAG), as vendas de agrotóxicos somaram US\$ 7,125 bilhões seguidas daquelas registradas pelo 2º colocado (US\$ 6,6 bilhões), os Estados Unidos (ANDEF, 2009).

Os herbicidas, usados no controle de ervas daninhas estão entre os agrotóxicos mais aplicados, respondendo por 3.200 milhões de toneladas (44,9%), seguidos pelos inseticidas com 2.027 milhões de toneladas (28,5%), fungicidas 1.573 milhões de toneladas (22,1%), acaricidas 112.8 mil toneladas (1,6%) e os demais defensivos agrícolas, que somam 210.1 mil toneladas (2,9%) (ANDEF, 2009; IBGE, 2010).

O estado do Espírito Santo, que esteve durante cerca de dois anos como o primeiro consumidor de agrotóxico do País, não entrou na lista do IBAMA dos estados brasileiros que mais comercializaram agrotóxico no ano de 2009 (BERNARDES, 2011), apesar do setor agrícola desse estado ser considerado de maior relevância socioeconômica, particularmente no seu interior. Em termos de participação do setor agropecuário, evidencia-se dominância na cafeicultura seguida pela atividade pecuária, fruticultura e silvicultura.

Segundo Espírito Santo (2008) a presença considerável de municípios com até 50.000 habitantes, onde parte dessa população é considerada urbana, se concentra, na prática, em atividades agrícolas. Desta forma, dentro do perfil da estrutura fundiária do Estado do Espírito Santo, 92% dos estabelecimentos se encontram na faixa de até 100 hectares e aproximadamente 83% deles têm área inferior a 50 hectares; evidenciando-se um elevado número de pequenas propriedades com base na agricultura familiar.

Em se tratando do agronegócio, ou seja, contabilizando-se todos os elos da cadeia produtiva, como produção, agroindustrialização, comercialização e serviços referentes à distribuição final dos produtos agrícolas, segundo dados do Instituto Jones dos Santos Neves (IJSN) e da Secretaria de Estado de Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca (SEAG), este segmento responde hoje por cerca de 30% do Produto Interno Bruto (PIB) total do estado do Espírito Santo; sendo que o agronegócio brasileiro participa com 25% para a formação total do PIB. Em 2009, o PIB do Agronegócio capixaba foi de R\$ 20,7 bilhões, correspondendo a 30% do PIB total do estado; crescendo 3,2% no período de março/2009 a março/2010 (SEAG; IJSN, acesso em 21 jan. 2011).

3.5.1 Definição e Classificações dos Agrotóxicos

Agrotóxicos, pesticidas, defensivos agrícolas, praguicidas e biocidas são denominações diversas dadas às substâncias químicas ou misturas de substâncias, naturais ou sintéticas, que tem por objetivo matar, controlar ou combater, de alguma forma, as diferentes pragas (ácaros, roedores, ervas daninhas, bactérias e outras formas de vida animal ou vegetal) que atacam, lesam ou transmitem doenças às plantas, aos animais e ao homem (SANCHES et al., 2003).

Os agrotóxicos, de acordo com a Lei Federal n.º 7.802, de 11 de julho de 1989 (alterada pela Lei 9.974, de 6 de junho de 2000), regulamentada pelo Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2002, são definidos como produtos e/ou componentes de processos físicos, químicos ou biológicos destinados ao uso no setor de produção, armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas nativas ou implantadas, em outros ecossistemas e em ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora e da fauna, a fim de preservá-la da ação danosa de seres vivos

considerados nocivos, bem como substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores do crescimento (BRASIL, 2002).

Nesse contexto entende-se por “ingrediente ativo” a substância, o produto ou o agente resultante de processos de natureza química, física ou biológica, empregados para conferir eficácia aos agrotóxicos e afins (BRASIL, 2002).

Os agrotóxicos podem ser classificados em função do tipo de pragas que controlam, do grupo químico a que pertencem, do seu modo de ação e dos efeitos à saúde e ao ambiente (MENEZES, 2006). Em função do tipo de praga, a classificação é feita em relação ao grupo de organismos-alvo envolvido no uso de agrotóxicos. Estes podem ser agrupados em várias classes: inseticidas (usado no controle de insetos), fungicidas (usado no controle de fungos), herbicidas (usado no controle de plantas invasoras), desfolhantes (controle de folhas indesejadas), fumigantes (controle de bactérias do solo), rodenticidas ou raticidas (controle de roedores/ ratos), nematicidas (controle de nematóides) e acaricidas (usado no combate a ácaros) (RIBAS; MATSUMURA, 2009).

Os agrotóxicos também com relação aos organismos alvo podem ser: de contato, quando o organismo alvo é atingido diretamente pela substância; de ingestão, quando a substância atua após ser ingerida pelo organismo alvo; ou sistêmico, quando a substância é absorvida por uma parte da planta e translocado para todos os tecidos vasculares (MARASCHIN, 2003).

Os inseticidas pertencem a quatro diferentes grupos químicos tais como (BRASIL, 1997):

- ✓ organofosforados: compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico, do ácido tiofosfórico ou do ácido ditiofosfórico.
- ✓ o carbamatos: derivados do ácido carbâmico.
- ✓ o organoclorados: compostos à base de carbono, com radicais de cloro. Derivam do clorobenzeno, do ciclo-hexano ou do ciclodieno.
- ✓ o piretróides: compostos sintéticos cuja estrutura assemelha-se à piretrina, uma substância existente nas flores do crisântemo.

Os principais grupos químicos dos fungicidas são: etileno-bis-ditiocarbamatos, trifenil estânico, captafan e hexaclorobenzeno, enquanto os herbicidas são: paraquat, glifosato; pentaclorofenol; derivados do ácido fenoxiacético e dinitrofenóis. (BRASIL, 1997).

Quanto à categorização toxicológica, a ANVISA classifica os agrotóxicos em quatro diferentes classes associada a uma cor da faixa indicativa no rótulo do produto. A classe I (rótulo vermelho) abrange os compostos considerados altamente tóxicos para seres humanos; a classe II (rótulo amarelo), os mediamente tóxicos; a classe III (rótulo azul), os pouco tóxicos; e a classe IV (rótulo verde), os compostos considerados praticamente não-tóxicos para seres humanos (SANCHES et al., 2003). Segundo Ribas e Matsumura (2009) esta classificação obedece a testes ou estudos realizados em laboratório que tentam estabelecer a dose letal (DL) do agrotóxico em 50% dos animais utilizados naquela concentração.

Em termos da periculosidade ambiental os agrotóxicos são classificados em: produtos altamente perigosos ao meio ambiente (Classe I); produtos muito perigosos ao meio ambiente (Classe II); produtos perigosos ao meio ambiente (Classe III); e produtos pouco perigosos ao meio ambiente (Classe IV). A avaliação e a classificação do potencial de periculosidade ambiental de um agrotóxico são baseadas no estudo dos seguintes parâmetros: bioacumulação, persistência, transporte, toxicidade a diversos organismos, potencial mutagênico, teratogênico e carcinogênico (BOCCHI, 2008).

3.5.2 Propriedades Físico-Químicas dos Agrotóxicos

As substâncias químicas liberadas no ambiente são distribuídas nos compartimentos ambientais ou transformadas devido à interação de suas propriedades físico-químicas com uma variedade de parâmetros ambientais (MIYAMOTO, 1996). Portanto, a importância de se conhecer as propriedades físico-químicas das moléculas de agrotóxicos está relacionada ao entendimento das rotas de destino e ao transporte dessas moléculas entre os diversos compartimentos.

Para Lavorenti, Prata e Reginato (2003), as principais propriedades físico-químicas relacionadas ao comportamento ambiental dos agrotóxicos são: coeficiente de partição ou sorção (Kd), solubilidade em água (S), pressão de vapor (P), coeficiente de partição n-

octanol/água (K_{ow}), constantes de ionização ácido (pK_a) ou base (pK_b), constante da lei de Henry (K_H) e meia vida do agrotóxico no solo (DT_{50} ou $t_{1/2}$).

O agrotóxico, quando aplicado no solo, pode permanecer na sua forma original ou sofrer processos de transformação, seja química ou biológica. Nesse sentido, a redução de sua concentração a 50% da massa inicial aplicada no solo é expressa como a meia vida (DT_{50}) do produto no solo (OLIVEIRA, 2007). Segundo Deuber (1990), compostos com $DT_{50} > 3-4$ meses são considerados persistentes, enquanto aqueles com $DT_{50} < 1$ mês são considerados não persistentes. Já o tempo de meia-vida em água é uma propriedade que varia em função da localidade e está pouco disponível na literatura (LOURENCETTI, 2005). Fatores como temperatura e pH do solo, presença de microrganismos e exposição, ou não, da substância à luz, oxigênio e água, condicionam as taxas de degradação dos agrotóxicos (PAN, 2008).

A solubilidade em água (S) é uma das propriedades mais importantes, quando avaliado o destino dos agrotóxicos no solo. Ela é um fator importante na determinação do agrotóxico em se mover sobre a superfície do solo, a partir do escoamento superficial e através dos perfis do solo juntamente com a água de infiltração (ZHU, 2003). Na maioria das vezes, seu valor é expresso em mg/L (SILVA, 2004). Geralmente, agrotóxicos altamente solúveis em água são lixiviados ou escoam mais rapidamente do que os menos solúveis (ZHU, 2003). Salvo algumas exceções, os agrotóxicos que possuem alta solubilidade tendem a apresentar baixos coeficientes de sorção em solos e sedimentos (LAVORENTI; PRATA; REGITANO; 2003). De acordo com Deubert (1990), agrotóxico com solubilidade maior que 30 ppm (30 mg/L) pode ser considerado móvel em solo arenoso, quando sua persistência for elevada e sua adsorção for baixa.

A pressão de vapor (P) de um agrotóxico é uma medida da tendência de sua volatilização, sendo função direta da temperatura (MIYAMOTO, 1996). De forma geral, agrotóxicos com valores de $P > 10^{-2}$ mm Hg (1 mm Hg = 133 Pa) são considerados muito voláteis à temperatura ambiente (25°C); de $10^{-4} \leq P \leq 10^{-3}$, medianamente voláteis; de $10^{-7} \leq P \leq 10^{-5}$, pouco voláteis; e $P < 10^{-8}$, não-voláteis (DEUBER, 1992, apud ROSA, 2007).

O coeficiente de partição, ou de distribuição n-octanol/água (K_{ow}), mede o caráter hidrofóbico/hidrofílico de uma molécula (LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003). É definido como a razão entre sua concentração na fase de n-octanol saturado em água e sua concentração na fase aquosa saturada em n-octanol (MONTGOMERY, 1997, apud ROSA,

2007). Normalmente são expressos na forma logarítmica ($\log K_{ow}$) (LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003).

Segundo Montgomery (1997, *apud* ROSA, 2007), agrotóxicos lipofílicos, que possuem valores de $\log K_{ow}$ elevados ($>4,0$), tendem a se acumular nos materiais lipídicos, assim como na fração orgânica do solo, apresentando baixa mobilidade no solo. E agrotóxicos hidrofílicos, com valores de $\log K_{ow}$ baixos ($<1,0$), são mais solúveis em água e não são atraídos aos materiais lipídicos, apresentando, desse modo, baixa sorção ao solo/sedimento e baixa bioconcentração em relação à vida aquática.

As constantes de ionização ácido/base (K_a ou K_b) das moléculas, que possuem caráter de ácido fraco ou base fraca, respectivamente, representam a capacidade do agrotóxico em se ionizar. Os valores dessas constantes indicam dentro de qual faixa de pH da solução do solo o agrotóxico se ionizará pois, as formas ionizadas de agrotóxicos se comportam diferentemente das não-ionizadas (neutras). Os valores de K_a ou K_b têm sido convertidos em pK_a ou pK_b ($pK = -\log K$), os quais são comumente apresentados nos estudos de comportamento de agrotóxicos no solo (LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003).

Lavorenti, Prata e Regitano (2003) define agrotóxicos ácidos como aqueles cujas formas moleculares (neutras) são capazes de doar um ou mais prótons e formar íons com cargas negativas; e agrotóxicos básicos, aqueles cujas formas moleculares são capazes de receber um ou mais prótons e formar íons com cargas positivas.

A constante da Lei de Henry (K_H) é referida como coeficiente de partição ar-líquido ou vapor líquido. Em soluções diluídas ela é definida como a razão entre a pressão parcial e a concentração na interface ar-água (OLIVEIRA, 2007). Esta constante determina a capacidade de um agrotóxico em volatilizar-se da solução para o ar onde, valores altos desta constante favorecem a volatilização e valores baixos sinalizam que o produto pode vir a persistir no solo ou na água (PESSOA et al., 2004). De acordo com Lyman et al. (1982 *apud* Lavorenti; Prata; Regitano, 2003), a molécula apresenta baixa volatilidade quando o $K_H < 10^{-7} \text{ atm} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1}$. Na faixa entre 10^{-7} e 10^{-5} , a volatilidade é considerada média; a partir de 10^{-5} , esse potencial começa a ser considerável; acima de 10^{-3} , a volatilização se torna extremamente importante.

Esta constante costuma ser expressa em $\text{Pa}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ ou em $\text{atm}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$ (SUNTIO et al., 1988 apud PESSOA et al., 2004).

No caso de processos de retenção no solo, o coeficiente de distribuição (K_d) é normalizado pelo teor de carbono orgânico do solo e passa a ser descrito pelo coeficiente de adsorção (K_{oc}), usado para comparar a adsorção relativa dos agrotóxicos no solo (OLIVEIRA, 2007). Os valores de K_{oc} dependem do tipo e do pH do solo, motivo pelo qual alguns dados de literatura são reportados em termos de faixas de valores. Agrotóxicos com valores de K_{oc} alto são geralmente pouco solúveis em água e, preferencialmente, aderem ao solo, sendo transportados por partículas de sedimentos ao invés de serem transportados dissolvido em água (PAN, 2008). Van Es e Trautmann (1990) citam que valores de $K_{oc} < 500$ indicam produto com baixa adsorção, ou seja, indicam potencial considerável para perdas do produto por lixiviação (VAN ES; TRAUTMANN, 1990).

3.5.3 Processos que influenciam o Comportamento e o Destino dos Agrotóxicos no Ambiente

Os agrotóxicos são aplicados no solo ou sobre as plantas e quando atinge o solo, as moléculas podem seguir diferentes rumos, podendo ser adsorvidas pelas plantas, serem transformadas ou retidas. Caso nenhum destes processos aconteça, estas moléculas podem ser transportadas para diferentes compartimentos ambientais atingindo áreas e organismos não alvos (LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003).

De maneira geral, os agrotóxicos no sistema edáfico estão sujeitos a três processos: sorção, transporte e degradação. Estes processos não ocorrem isoladamente e tem influência no potencial de contaminação do agroecossistema, uma vez que determinam o comportamento (interação com as partículas do solo e com outros componentes; com sua velocidade de evaporação; solubilidade em água e bioacumulação), além do destino final destas substâncias (SPADOTTO; FILIZOLA; GOMES, 2001; GOMES; SPADOTTO; PESSOA, 2002; SPADOTTO; GOMES; HORNSBY, 2002; RIBAS; MATSUMURA, 2009). No entanto, para melhor entendimento da contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneas por agrotóxicos, é necessário conhecer esses processos (LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003).

A Figura 1 apresenta os fatores e processos que governam o destino dos agrotóxicos no solo e como esse destino afeta a eficácia e o impacto ambiental desses produtos.

De acordo com Schnoor (1992), o termo adsorção descreve os processos físico-químicos de retenção das moléculas orgânicas, que podem ser reversíveis ou irreversíveis, determinando desta forma a mobilidade do agrotóxico. Quanto maior o valor do coeficiente de adsorção, mais fortemente o agrotóxico estará sorvido ao solo e, portanto, menor será sua mobilidade. Com intuito de se comparar a adsorção relativa dos agrotóxicos é comumente utilizado o coeficiente de adsorção ao carbono orgânico do solo (Koc) definido como a relação do coeficiente de distribuição de cada agrotóxico pela quantidade de matéria orgânica presente no solo em que esses agrotóxicos estão presentes (KERLE; JENKINS; VOGUE, 1996).

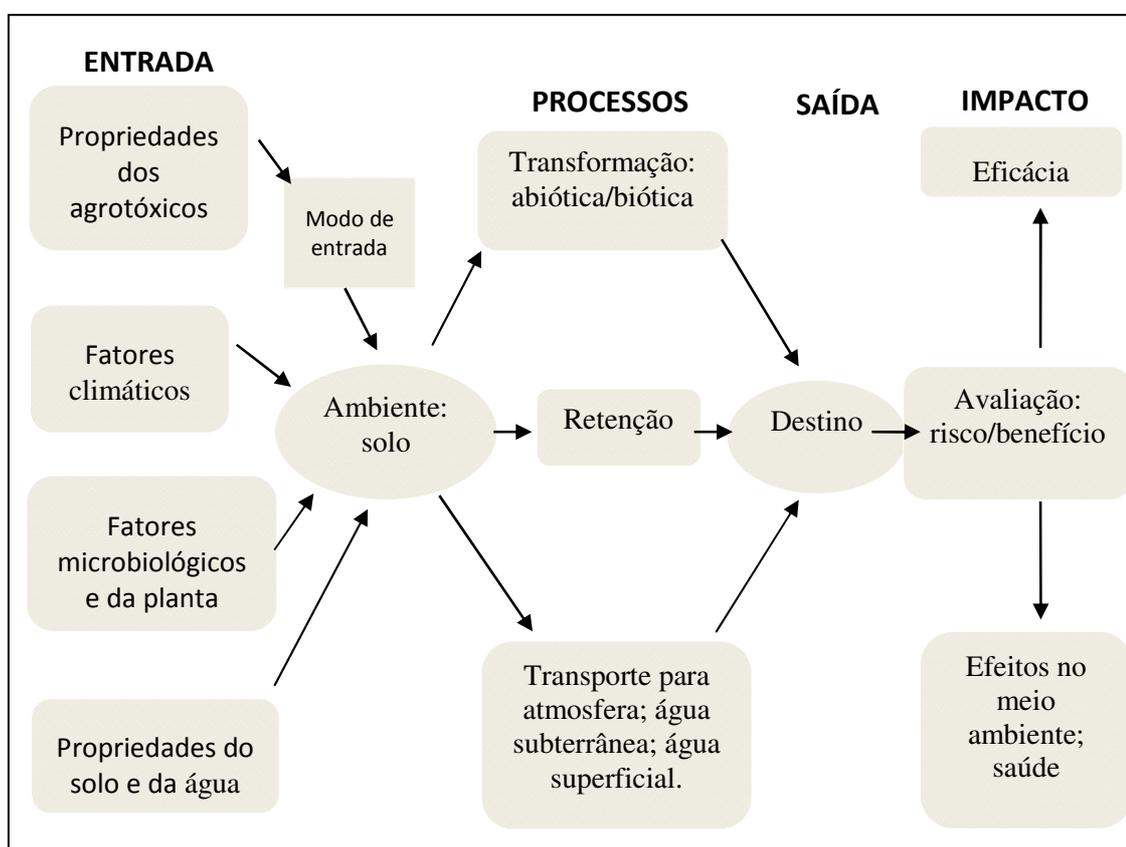


Figura 1 Modelo conceitual de fatores e processos que Governam o destino de agrotóxicos no solo e como o destino desses afeta a sua eficácia e o impacto ambiental.

fonte: adaptado de cheng (1990, apud ribas; matsumura, 2009).

Os processos de transformação dos agrotóxicos no solo ocorrem normalmente por meios biótico (biodegradação) e abiótico (transformação química e fotólise) (MIYAMOTO, 1996). A biodegradação dos agrotóxicos ocorre quando microrganismos do solo utilizam a molécula

do princípio ativo para o seu desenvolvimento (KERLE; JENKINS; VOGUE, 1996). Esta capacidade dos microorganismos em degradar moléculas de agrotóxicos depende de fatores ambientais como umidade, teor de matéria orgânica, pH e temperatura, além da complexidade da molécula de agrotóxicos e da taxa metabólica dos próprios organismo presentes no solo. (MIYAMOTO, 1996; BLESSING, 2001).

De acordo com Kerle, Jenkins e Vogue, (1996), a degradação microbiana ocorre com maior intensidade nos horizontes superficiais do solo, quando os agrotóxicos se encontram dissolvidos na solução do solo; principalmente em áreas com matéria orgânica elevada. Em geral, a taxa de degradação diminui com a profundidade do solo, onde condições como umidade, temperatura e aeração se tornam menos favoráveis à atividade dos microrganismos. A degradação das moléculas dos agrotóxicos pode ocorrer por reações não biológicas, através de transformações químicas, sem a participação de organismos, tanto na superfície quanto na solução do solo (BLESSING, 2001). Estas transformações, em geral, tendem a diminuir a toxicidade das moléculas, embora estes processos possam, também, gerar moléculas ainda mais tóxicas do que a original (CHENG, 1990, *apud* ROSA, 2007). Segundo Miyamoto (1996) a hidrólise e a fotólise são as principais transformações químicas responsáveis pela degradação das moléculas de agrotóxico, na ausência de microrganismos. A hidrólise, tanto no solo quanto na água, é influenciada pelo pH, temperatura e pela sorção do agrotóxico (LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003). Já a fotólise, ou fotodegradação, é influenciada pela infiltração dos agrotóxicos no perfil do solo e pela sua capacidade de absorção de energia solar (MIYAMOTO, 1996).

O transporte de agrotóxicos no ambiente, segundo Silva (2004), ocorre pela volatilização da molécula, pelo escoamento superficial (“*runoff*”) ou pela movimentação vertical do agrotóxico no solo (lixiviação) (Figura 2).

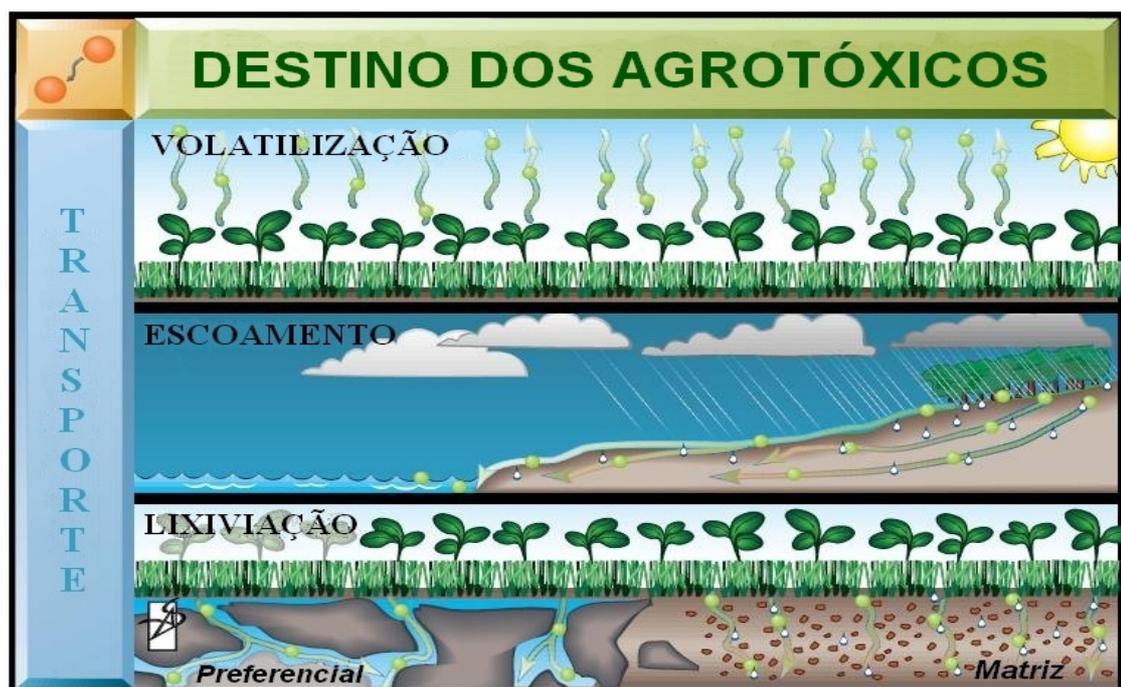


Figura 2 Transporte e destino dos agrotóxicos no ambiente.
Fonte: Adaptado de BLESSING (2001).

A volatilização é um dos principais fatores de dissipação dos agrotóxicos no solo e no transporte dos mesmos para a atmosfera (GHISELLI, 2001). Segundo Blessing (2001), a capacidade de um agrotóxico em se volatilizar na água é a razão de sua pressão de vapor pela sua solubilidade em água; enquanto a capacidade de volatilização de um agrotóxico no solo é inversamente proporcional à sua ligação ao material particulado do solo. Assim, compostos com alta pressão de vapor e baixa solubilidade em água possuem uma tendência a se volatilizarem conforme a constante da Lei de Henry (K_H) (KERLE; JENKINS; VOGUE, 1996; BLESSING, 2001).

Os fatores ambientais que favorecem a volatilização do agrotóxico incluem altas temperaturas, baixas umidades relativas e o movimento do ar (BROWN; HOCK, 1990; BLESSING, 2001). Uma vez presente na atmosfera, o agrotóxico pode sofrer fotólise, hidrólise ou se associar ao material particulado em suspensão podendo ser transportado pelas correntes de vento para grandes distâncias em um curto espaço de tempo (BROWN; HOCK, 1990; BLESSING, 2001).

O escoamento superficial, ou “*runoff*”, descreve a movimentação do agrotóxico ao longo da superfície do solo, devido às chuvas intensas ou irrigações excessivas, até a superfície da água

dos rios, lagos e solos de terrenos de menor declividade (SILVA, 2004). Fatores climáticos como a duração e intensidade das chuvas, a declividade da área, a permeabilidade do solo e a cobertura vegetal, influenciam o grau com que os agrotóxicos se movimentam pela superfície do solo (BLESSING, 2001). O escoamento pode transportar o agrotóxico dissolvido na água ou adsorvido às partículas do solo, e após aplicação destes produtos, dependendo da intensidade das chuvas e da irrigação, as moléculas de agrotóxicos podem vir a se deslocar para áreas distantes (KERLE; JENKINS; VOGUE, 1996).

A lixiviação, segundo Enfield; Yates (1990 apud Lavorenti; Prata; Regitano, 2003) é a principal forma de transporte no solo de moléculas não-voláteis e solúveis em água. Tais moléculas caminham no perfil do solo, acompanhando o fluxo d'água, o qual é governado pela diferença de potencial da água entre dois pontos. Desta forma, quando uma molécula orgânica é lixiviada, esta pode vir a atingir zonas superficiais do perfil e, em alguns casos, pode até mesmo alcançar o lençol freático (LAVORENTI; PRATA; REGITANO, 2003).

Segundo Huddleston (1996) e Kerle, Jenkins e Vogue, (1996), a persistência, solubilidade em água e adsorção são fatores importantes para se determinar a lixiviação do agrotóxico. Fatores como características dos agrotóxicos, do solo, o clima e os fatores de manejo também influenciam na lixiviação dos agrotóxicos (FILIZOLA et al., 2002). Desta forma, agrotóxicos com baixa adsorção às partículas do solo são altamente solúveis em água e relativamente persistentes, apresentando, portanto, maior potencial para atingir o lençol freático (HUDDLESTON, 1996; KERLE; JENKINS; VOGUE, 1996).

As características das propriedades físico-químicas dos agrotóxicos e do ambiente em que ele é aplicado (como os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, destacando-se estrutura, classe textural, mineralogia, teor de matéria orgânica, pH, CTC, atividade microbiana, etc.) juntamente com as condições do ambiente (temperatura, pluviosidade, intensidade de luz solar, ventos, cobertura vegetal e topografia da região) podem afetar cada processo supra citado (BROWN; HOCK, 1990; GOMES; SPADOTTO; PESSOA, 2002). Neste sentido aspectos geológicos e pedológicos são considerados essenciais na caracterização, avaliação e efetuação de prognósticos de áreas agrícolas (PESSOA et al., 2006).

Segundo método apresentado por Spadotto, Gomes e Rodrigues (1998, apud PESSOA et al., 2006) é possível generalizar a tendência principal de movimento de agrotóxicos considerando as características predominantes do horizonte B dos solos. Conforme Oliveira, Jacomine e Camargo (1992) e Embrapa (2006) horizontes diagnósticos sub-superficiais dos tipos B textural e incipiente, típicos de Argissolos e Cambissolos, respectivamente, representam potencial à contaminação de águas superficiais por meio de agrotóxicos que, adsorvidos aos sedimentos, são carregados via escoamento superficial.

Geralmente, os horizontes B textural e incipiente são pouco profundos (com algumas exceções) e relativamente drenados a mal drenados, com argila de alta atividade, contribuindo para a adsorção dos agrotóxicos às camadas mais superficiais do solo. A ocorrência de grande diferença de textura entre os horizontes superficiais e sub-superficiais, aliada quase sempre à baixa espessura do horizonte B e ao manejo incorreto do solo favorece os processos erosivos, principalmente em áreas de relevo mais acidentado dos tipos ondulado até forte ondulado (STRECK et al., 2002 apud PESSOA et al., 2006).

Já em latossolos, onde os processos erosivos são menos susceptíveis por apresentarem horizonte B latossólico, serem geralmente profundos e bem drenados, apresentarem boa agregação das partículas e argilas com baixa atividade, a lixiviação de agrotóxicos é favorecida e, desta forma, intensificadas as tendências potenciais de contaminação de águas subterrâneas (OLIVEIRA; JACOMINE; CAMARGO, 1992, apud PESSOA et al., 2006; EMBRAPA, 2006).

De acordo com Pessoa et al. (2006) os Plintossolos, Gleissolos e Neossolos, por apresentarem perfil raso e baixa permeabilidade, propiciam o escoamento superficial revelando, desta forma, uma tendência natural à potencial risco de contaminação superficial nas áreas em que ocorrem.

3.5.4 Ocorrência e Monitoramento de Agrotóxicos no Ambiente Aquático

Programas de monitoramento ambiental são indicados para a avaliação e a minimização da poluição de corpos hídricos superficiais e subterrâneos, principalmente em locais onde estão

fontes de água potável ou próximos de atividades agrícolas em que haja possibilidade de contaminação do sistema hídrico (FILIZOLA et al., 2002; BRITO et al., 2001).

A ocorrência de chuvas intensas, principalmente após aplicação de agrotóxicos, pode ocasionar aumento nas concentrações destas moléculas em água e, quanto mais distante os episódios de chuvas, menor é o potencial de lixiviação e escoamento destas substâncias químicas (DEUBERT, 1990; MENEZES, 2006).

Segundo Ferracini et al (2001), a influência da alta radiação solar na região não deve ser desprezada como fator a ser considerado numa análise, pois favorece a degradação dos agrotóxicos. Portanto, existe a probabilidade de redução da meia-vida destes compostos no solo, em relação aos dados médios encontrados na literatura, o que poderá favorecer a região na dissipação dos mesmos. A alta evaporação e temperaturas médias elevadas de uma região também poderão favorecer os processos de volatilização das moléculas.

Alguns dados de monitoramento podem não corresponder à realidade de poluição local em função dos agrotóxicos estarem adsorvidos aos sólidos em suspensão. Resultados apresentados como “não detectável”, podem ser decorrentes de procedimentos inadequados de análise ou de amostragem. Já valores associados aos sedimentos podem ser muito maiores do que os registrados e valores ditos “não detectáveis”, podendo não corresponder à verdade dos fatos. Nesse sentido, a avaliação e a quantificação de agrotóxicos devem ser bem conduzidas de forma a minimizar as dificuldades de mensuração (D’AMATO; TORRES; MALM, 2002, MENEZES, 2006).

Segundo Menezes (2006) estimar a época certa para a coleta de amostras de agrotóxicos para análise é dificultada pela ação resultante de despejos recente no local de coleta, do transporte a longas distâncias pela atmosfera ou pela presença de resíduos de moléculas utilizadas em épocas passadas.

Algumas pesquisas relatam estudos sobre a contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos. Gomes, Spadotto e Lanchotte (2001) monitoraram o herbicida tebutiuron em amostras de água de poço semi-artesiano, com 53 metros de profundidade, localizado na microbacia do Córrego do Espriado no município de Ribeirão Preto/SP. Os resultados

encontrados mostraram que o tebutiuron se encontrava presente em todas as amostras analisadas, porém em concentrações abaixo do nível crítico para o padrão de potabilidade que é de $0,10 \mu\text{g.L}^{-1}$.

Estudos realizados na Microbacia do Córrego do Cintra, em São Paulo, detectaram a presença de inseticidas organoclorados e piretróides (Cipermetrina e Deltametrina). A concentração encontrada para o inseticida piretróide neste estudo foi de $0,003 \text{ mg. L}^{-1}$ a $0,11 \text{ mg. L}^{-1}$ variando até 5,5 vezes com relação ao índice máximo permitido pela Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde, que é de $20\mu\text{g.L}^{-1}$ para águas utilizadas ao consumo humano (BELLUTA; SILVA, 2008).

No Paquistão, foram coletadas amostras de água em 37 poços subterrâneos nas áreas de Bahwalnagar, Muzafargarh, DG Khan e distritos de Rajan Pur Punjab. Dos oito agrotóxicos analisados, seis (bifentrina, λ -cialotrina, carbofurano, endosulfan, parationa- metílica e monocrotófos; este último de uso excluído no Brasil) foram detectados em amostras de água. Os níveis de contaminação máxima instituído pela Agência de Proteção Ambiental dos EUA para a água potável não foram excedidos neste estudo (TARIQ; AFZAL; HUSSAIN, 2004).

Em estudos elaborados por Filizola et al. (2002), foram analisados agrotóxicos em amostras de água superficial e subterrânea na região de Guaíra e detectadas, ocasionalmente, a presença de captan, λ -cialotrina, clorotalonil e 4,4 dicloro-benzofenona em concentrações variando de $0,2$ a $5,66 \mu\text{g L}^{-1}$.

Bortoluzzi et al. (2006), analisando moléculas de agrotóxicos em águas superficiais de três unidades paisagísticas com diferentes configurações de uso numa microbacia hidrográfica de cabeceira em Agudo, RS, detectaram imidacloprido, atrazina e clomazone na água, em concentrações variando de $0,38$ à $2,18 \mu\text{g L}^{-1}$.

Agrotóxicos foram detectados em área de várzea do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), em Santa Catarina (RS), e na Bacia Hidrográfica dos Rios Vacacaí e Vacacaí-Mirim durante o período de cultivo do arroz irrigado. Os compostos que apresentaram maior percentual de amostras positivas detectadas em água dos Rios Vacacaí-Mirim e Vacacaí foram os herbicidas clomazone e propanil com

concentrações encontradas na faixa de 0,5-2,0 $\mu\text{g L}^{-1}$ e acima de 2,0 $\mu\text{g L}^{-1}$ (PRIMEL et al., 2005).

No Município de Tianguá, no Ceará, foram detectados agrotóxicos em águas subterrâneas. De 153 amostras analisadas foi constatada a presença de atrazina, simazina e metil paration em 126 amostras. Do total de 36 amostras analisadas para cada composto, foi verificado que atrazina, simazina e metil paration foram detectados em, respectivamente, 17 amostras, 21 amostras e 14 amostras; em desacordo com o valor máximo permissível (VPM) na legislação (SÁ BARRETO, 2006).

Trabalho realizado por Silva, Peralba e Mattos (2003) na microbacia Hidrográfica Arroio Passo do Pilão, em Pelotas (RS), detectou a presença do herbicida glifosato em águas superficiais 60 dias após a aplicação do produto, indicando que essa substância é capaz de persistir no ambiente por determinado período de tempo. Em um estudo na Argentina, realizado por Peruzzo, Porta e Ronco (2008 apud QUEIROZ et al., 2011) em áreas de cultivo de soja, foram encontradas concentrações de glifosato entre 0,1 e 0,7 mg L^{-1} . Um estudo no estado de São Paulo, avaliou as concentrações de glifosato nas águas superficiais da bacia do Rio Corumbataí, cuja atividade agrícola principal é o cultivo de cana-de-açúcar. Nele, o glifosato não foi detectado em níveis quantificáveis, ocorrendo em concentrações inferiores a 1 $\mu\text{g L}^{-1}$ (ARMAS et al., 2007). Já a ocorrência de glifosato em água subterrânea é citada, com pouca frequência, mas já foi constatada no estado do Texas, EUA, por Hallberg (1989, apud AMARANTE JR. et al., 2002; QUEIROZ et al., 2011); porém a concentração medida não foi especificada.

Hatzell (1996) analisou 43 princípios ativos em amostras de água coletadas em três rios, a saber, Tucsawhatchee, Little River e Withlacoochee, próximos às áreas agrícolas localizadas no sul do estado da Georgia, Estados Unidos. As concentrações dessas substâncias não ultrapassaram os limites estabelecidos pela Agência de Proteção Ambiental (EPA), sendo que, atrazina, metolaclor e carbaril foram os mais detectados.

Segundo Spadotto et. al., (2004), os estudos de monitoramento possuem custo elevado e consomem tempo devido ao número elevado de análises laboratoriais que devem ser realizadas. Além disso, quando se trabalha com água subterrânea, deve-se levar em

consideração, na interpretação dos resultados obtidos, o fator de diluição e a repetibilidade na coleta das amostras no mesmo ponto (LOURENCETTI et al., 2005).

3.5.5 Metodologias de identificação e quantificação de agrotóxicos

Para o monitoramento de agrotóxicos nos corpos hídricos é necessário a utilização de métodos de determinação e de quantificação de agrotóxicos nas amostras coletadas. Segundo Marques (2005), os métodos empregados para determinação desses produtos normalmente são realizados em duas etapas: a extração e pré-concentração e a quantificação. Entre as técnicas de extração comumente utilizadas como etapas de pré-concentração e “clean-up” (limpeza) destacam-se a extração líquido-líquido (LLE- *Liquid Liquid Extraction*), a extração em fase sólida (SPE- *Solid Phase Extraction*), a extração com fluido supercrítico (SFE- *Supercritical Fluid Extraction*) e, a mais recente, micro extração em fase sólida (SPME- *Solid-Phase Microextraction*). As técnicas de análises de resíduos de agrotóxicos em água e de uso mais rotineiro são a cromatografia gasosa (CG) com detecções por captura de elétrons (ECD- *electron capture detector*), nitrogênio-fosforo (NPD- *nitrogen phosphorus detector*), fotométrico de chama (FPD- *flame photometric detector*), espectrometria de massas (MS- *mass spectrometer*) e a cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) acoplada a detectores ultravioleta-visível (UV/vis), fluorescência (FL), espectrometria de massas (MS) e espectrometria de massas em Tandem (MS/MS).

3.5.6 Modelos de Avaliação do Potencial de Contaminação de Corpos Hídricos por Agrotóxicos

Quando dados de monitoramento não estão disponíveis, outros métodos podem ser usados para avaliação do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas por agrotóxicos na tentativa de simular a realidade (LOURENCETTI et al., 2005). Nesse sentido, prever a potencialidade de um agrotóxico em se movimentar no ambiente e atingir os recursos hídricos pode ser uma alternativa preliminar de estudos de monitoramento, mediante a utilização de alguns modelos (FERNANDES NETO, 2010).

A utilização de modelos “*screening*” para estimar a movimentação de agrotóxicos não é recente e tem sido amplamente empregadas tais como: o Método de Cohen et al., (1995) utilizado como *screening* pela Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA), o índice de GUS também chamado de índice de vulnerabilidade de águas subterrâneas (*Groundwater Ubiquity Score*, GUS) e o método de Goss para águas superficiais e subterrâneas (BRITO et al., 2001; FERNANDES NETO, 2010). Além desses, outros métodos utilizados na avaliação do potencial de lixiviação de agrotóxicos e implicações na qualidade das águas de mananciais subterrâneos são citados na literatura: o fator de retardamento RF (*Retardation Factor*) e o fator de atenuação AF (*Attenuation Factor*), apresentados por Rao, Hornsby e Jessup (1985), o LIX (*Leaching Index*) proposto por Spadotto (2002) e o modelo TLPI (*Temperature Leaching Potential Index*) conforme mostrado por Paraíba e Spadotto (2002).

Sistemas computacionais também foram desenvolvidos para se avaliar o potencial de contaminação no ambiente hídrico através de atividade agrícola. O “*Pesticides Impact Rating Index*” (PIRI), índice desenvolvido por Kookana, Correl e Miller (2005), refere-se a um sistema computacional no qual é possível especificar os ingredientes ativos dos agrotóxicos em relação aos impactos que os mesmos podem causar aos mananciais superficiais e subterrâneos, considerando a mobilidade e a toxicidade destes produtos e os parâmetros do local de aplicação (pluviosidade, distância do corpo hídrico).

Alguns trabalhos realizados no Brasil têm utilizado esses modelos para estimar o potencial de contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos considerando o uso de princípios ativos específicos e suas propriedades físicas e químicas (BRITO et al., 2001; CABRERA; COSTA; PRIMEL, 2008; DORES; DE-LAMONICA-FREIRE, 2001; FERRACINI et al., 2001; FILIZOLA et al., 2005; Gaspar et al., 2005; MILHOME et al., 2009; PESSOA et al., 2007; PRIMEL et al., 2005).

A utilização do Método de Cohen et al., (1995) utilizado como *screening* pela da EPA, do índice de GUS e do Método de Goss se torna interessante pela redução das dificuldades de monitoramento em matrizes ambientais, minimizando, desta forma, custo e tempo para seu desenvolvimento. Acrescenta-se na facilidade de obtenção dos dados de entrada (utilizando dados disponíveis na literatura, dados de monitoramento, de séries históricas, estudos de

campo e de laboratório) no uso de cálculos simples, não necessitando de ferramentas computacionais complexas, e na aproximação dos seus resultados com aqueles verificados em situações reais (SPADOTTO et al., 2004; PRIMEL et al., 2005; OLIVEIRA, 2007). Além disso, estes modelos possibilitam identificar os princípios ativos com maior potencial para impactar negativamente os mananciais, bem como selecionar locais, seja solo ou água, onde provavelmente sejam encontrados para que as coletas de amostra sejam bem orientadas (PESSOA et al., 2007).

Em contrapartida, devem ser consideradas as limitações desses modelos, como a ausência de informações sobre algumas propriedades dos agrotóxicos (LOURENCETTI et al., 2005) e questões como variações no tipo de solo, clima, cultura e outros fatores que, em muitos casos, não são considerados pelos métodos (COHEN et al., 1995).

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA desenvolveu o programa computacional *AGROSCRE*, que facilita a avaliação de princípios ativos de agrotóxicos pelos métodos de GOSS, pelo índice de GUS e pelo método de Cohen et al (1995) utilizado como *screening* pela EPA (PESSOA et.al., 2004). Os parâmetros de entrada dos modelos citados são: Koc (mL/g), DT₅₀ solo (dias), DT₅₀ água (dias), solubilidade em água (mg/L) e Constante de Henry (Pa.m³.mol⁻¹).

Pessoa et al., (2004) citam que alguns destes parâmetros são fortemente afetados pela temperatura do ambiente local e que apesar de disponibilizados na literatura internacional para valores médios (considerando intervalos de grande faixa de variação), as avaliações fazendo uso dessas informações podem não refletir a situação local específica onde são aplicados.

3.5.6.1 Índice de GUS

Um coeficiente muito utilizado na determinação do potencial de lixiviação de agrotóxicos é o chamado índice GUS (*Groundwater Ubiquity Score*). Este índice, proposto por Gustafson (GUSTAFSON, 1989 apud PESSOA et al., 2007), é um modelo numérico simples

(apresentado pela Equação 1), baseado apenas dois parâmetros característicos do agrotóxico: o coeficiente de adsorção à matéria orgânica (Koc) e a meia-vida do produto no solo (DT₅₀). Os modelos de triagem (*screening*/índice) geralmente requerem menor número de dados e são utilizados como advertência para estabelecer prioridades e identificar problemas potenciais (LOURENCETTI et al., 2005).

$$\text{GUS} = (\text{Log DT}_{50} \text{ no solo}) \cdot (4 - \text{Log (Koc)}) \quad (\text{Equação 1})$$

Conforme a classificação de Gustafson (1989 apud ROSA, 2007), moléculas com valores de GUS inferiores a 1,8 apresentam baixo potencial de lixiviação. Moléculas com valores superiores a 2,8 apresentam potencial de lixiviação elevado e moléculas com valores entre 1,8 e 2,8 pertencem a um grupo de transição e merecem ser analisadas caso a caso (Tabela 3 -).

Tabela 3 - Faixas de classificação dos agrotóxicos conforme o Índice GUS.

Índice GUS	Potencial de Lixiviação
GUS < 1,8	Não sofre lixiviação
1,8 < GUS < 2,8	Faixa de transição
GUS > 2,8	Provável lixiviação

3.5.6.2 Método de GOSS

O método proposto por Goss (1992, apud ROSA, 2007) é indicado para a avaliação do potencial contaminação das águas superficiais por agrotóxicos. De acordo com Brito e outros (2005), o método de Goss é utilizado para discutir as possibilidades dos agrotóxicos atingirem as águas superficiais e o seu potencial de transporte, quer dissolvido em água quer associado ao sedimento. Ele também faz uso das propriedades físicas e químicas dos agrotóxicos como meia-vida no solo (DT₅₀), coeficiente de adsorção à matéria orgânica (Koc) e solubilidade do produto em água (S), mediante o atendimento de um conjunto de cláusulas de regras apresentadas em intervalos matemáticos (GOSS, 1992 apud PESSOA et al., 2004) (Tabela 4 -).

Tabela 4 - Critérios de avaliação do potencial de transporte de agrotóxicos segundo Método de Goss.

Classificação quanto ao transporte	Meio	S (mg/L)	DT ₅₀ solo (dias)	Koc
Alto potencial	Associado ao sedimento	-	≥ 40	1.000
		0,5	≥ 40	≥ 500
Baixo potencial	Associado ao sedimento	-	< 1	-
		≥ 0,5	≤ 40	≤ 500
		≥ 2	≤ 40	≤ 900
		-	≤ 2	≤ 500
		≥ 0,5	≤ 4	≤ 900
Alto potencial	Dissolvido em água	≥ 1	> 35	< 1.000.000
		10 ≤ S ≤ 100	> 35	≤ 700
Baixo potencial	Dissolvido em água	-	-	> 1.000.000
		-	≤ 1	≤ 100
		< 0,5	< 35	-

Nota: DT₅₀: meia-vida no solo; Koc: coeficiente de adsorção à matéria orgânica; S: solubilidade em água.

3.5.7 Legislação Brasileira de Agrotóxicos

A utilização dos agrotóxicos no Brasil foi regulamentada pela Lei Federal n° 7.802, de 11 de julho de 1989. Conhecida como “Lei dos Agrotóxicos”, essa lei regulamentada pelo Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2002, dispõe sobre: a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins (BRASIL, 1989).

De acordo com a Lei n° 7.802, de 11 de julho de 1989, os agrotóxicos podem ser utilizados no país somente se forem registrados em órgão federal competente, de acordo com as diretrizes e exigências dos órgãos responsáveis pelos setores da saúde, do meio ambiente e da agricultura.

No Brasil, o processo de registro dos agrotóxicos envolve três órgãos: Ministério da Saúde (MS), Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (MAPA) e Ministério do Meio Ambiente, através do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Compete ao Ministério Saúde, por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA, à avaliação e classificação toxicológica de agrotóxicos, e junto com o MAPA, são responsáveis pelo monitoramento dos resíduos de agrotóxicos e afins em produtos de origem vegetal. Ao IBAMA/MMA compete a avaliação e classificação do potencial de periculosidade ambiental (BRASIL, 2002a).

Além da concessão do registro, os ingredientes ativos sobre suspeita de risco para saúde humana, são reavaliados periodicamente. A ANVISA vem realizando esta reavaliação toxicológica em diversos ingredientes ativos de agrotóxicos, resultando em restrições de uso e até mesmo a proibição dos mesmos. Segundo dados do IBGE (2010), dentre os ingredientes ativos que estão sendo reavaliados pela ANVISA, alguns estão entre os mais consumidos como: o glifosato, metamidofós, endosulfan e parationa metílica.

O glifosato, no ano de 2006, se destacou com 41,2% do total de ingredientes ativos consumidos no País. Seu processo de reavaliação pela ANVISA se justifica pela ampla utilização do produto, casos de intoxicação, solicitação de revisão da Ingestão Diária Aceitável -IDA por parte de empresa registrante, necessidade de controle de limite máximo de impurezas presentes no produto técnico e possíveis efeitos tóxicológicos adversos (IBGE, 2010).

Os ingredientes ativos metamidofós, endosulfan e parationa metílica foram, no ano de 2005, os inseticidas mais consumidos, correspondendo a 34%, 17% e 9% dos inseticidas, respectivamente. Desde 2003, o metamidofós está entre os cinco ingredientes ativos mais consumidos, com 4,9% do total, justificando sua reavaliação por apresentar alta toxicidade aguda e neurotoxicidade (IBGE, 2010).

Segundo dados de 2009 do Programa de análise de resíduos de agrotóxicos em alimentos (PARA), os ingredientes ativos benomil, heptacloro, monocrotofós, lindano, pentaclorofenol e triclorfom foram proibidos, bem como a cihexatina, que está em fase de descontinuidade até o cancelamento de sua monografia em 31 de outubro de 2011. Os ingredientes ativos captana,

folpete, carbendazim, clorpirifós, metaldeído, aldicarbe, fosmete, entre outros, sofreram restrições de uso. Há também proposta de banimento para acefato.

3.5.8 Legislações Ambientais, de Potabilidade e de Irrigação

Os Guias da Organização Mundial da Saúde (OMS) têm sido utilizados como referência mundial na orientação dos padrões e nas legislações nacionais referentes à qualidade da água para consumo humano. Usualmente tem exercido grande influência na elaboração e atualização da legislação brasileira sobre potabilidade (HELLER et al., 2005).

A atual legislação brasileira de potabilidade de água, Portaria MS nº 518/2004, regulamenta 54 substâncias químicas que representam riscos à saúde humana, dentre as quais 22 são agrotóxicos. A Agência de Proteção Ambiental (USEPA) assim como a Organização Mundial da Saúde (OMS), estabelece níveis máximos individualizados por agrotóxicos em água destinada ao consumo humano, com base em estudos toxicológicos e epidemiológicos. Na Tabela 5 - apresentados os agrotóxicos com seus respectivos limites máximos estabelecidos pela Portaria 518, bem como alguns que estão presentes na Resolução 357 e limites para alguns dos agrotóxicos estabelecidos pela USEPA e pela OMS. De maneira geral, os limites estabelecidos pela Resolução 357/2005 do CONAMA são menores que os estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde.

Na União Européia os limites para água potável são mais rígidos, onde é permitida uma concentração máxima de $0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ para qualquer agrotóxico individualmente e $0,5 \mu\text{g L}^{-1}$ para o total de agrotóxicos presentes na água para consumo humano. Para mananciais superficiais, o limite máximo permitido é da ordem de 1 a $3 \mu\text{g L}^{-1}$ (EUROPEAN COUNCIL, 1998).

Dos 22 agrotóxicos contemplados pela Portaria nº 518/2004, a maioria é da classe dos herbicidas. Quanto à classificação toxicológica, o predomínio ocorre para substâncias da Classe III (medianamente tóxico), seguido da Classe I (extremamente tóxico). Dentre essas substâncias, várias não possuem autorização de uso no Brasil de modo que a monografia do

ingrediente ativo não está disponibilizada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Tabela 5 - Comparação dos Valores Máximos Permitidos (VMP) para Agrotóxicos listados em Legislações pertinentes à Qualidade da Água.

Agrotóxico	Unidade	Legislações				
		US-EPA	Guias OMS 2005	Portaria MS 518/2004	RESOLUÇÃO conama 357/2005	
					CLASSE	
1 e 2	3					
Alaclor ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	2	20	20	20	...
Aldicarb	$\mu\text{g L}^{-1}$	3	10	...	...	...
Aldrin e Dieldrin ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	0,03	0,03	0,005	0,03
Atrazina ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	3	2	2	2	2
Bentazona	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	300	300	...	...
Carbofurano	$\mu\text{g L}^{-1}$	40	7	...	...	...
Clordano(isômeros) ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	2	0,2	0,2	0,04	0,3
2,4 D ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	70	30	30	4	30
DDT (isômeros) ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	2	2	0,002	1
Endossulfan ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	20	20	0,056	0,22
Endrin ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	2	0,6	0,6	0,004	0,2
Glifosato ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	700	500	500	65	280
Heptacloro e Heptacloro epóxido ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,2	0,03	0,03	0,01	0,03
Hexaclorobenzeno ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	1	1	1	0,0065	...
Lindano (g-BHC) ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,2	2	2	0,02	2
Malation ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	...	...	0,1	100
Metolacloro ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	10	10	10	...
Metoxicloro ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	40	20	20	0,03	20
Molinato	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	6	6	...	...
Paration	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	...	...	0,04	35
Pendimetalina	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	20	20	...	...
Pentaclorofenol ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	1	9	9	0,009	0,009
Permetrina	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	20	20	...	...
Propanil	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	20	20	...	...
Simazina ^(*)	$\mu\text{g L}^{-1}$	4	2	2	2	...
Trifluralina	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	20	20	0,2	....

Nota: ("...": dado não regulamentado).^(*) Agrotóxicos regulamentados pela Portaria 518/04 e pela Resolução CONAMA 357/05.

Fonte: USEPA (2009); WHO (2008); BRASIL (2004); BRASIL (2005).

No atual processo de revisão e atualização da Portaria MS nº 518/2004, com base no Relatório Final do Processo de Revisão e Proposta de Minuta de Atualização da Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004 (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2010), a inclusão do princípio ativo carbofurano e a modificação do princípio ativo glifosato para Glifosato+AMPA vem ao encontro das principais alterações na referida Portaria.

Já a Resolução CONAMA nº 396, de 2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, contempla uma lista de agrotóxicos com seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados. Na Tabela 6 - são apresentados os agrotóxicos com seus valores máximos permitidos pela Resolução nº 396/2008, dando ênfase ao uso para consumo humano e irrigação.

Tabela 6 - Comparação dos Valores Máximos Permitidos (VMP) para Agrotóxicos listados pela Resolução CONAMA nº 396 de 2008.

AGROTÓXICO	UNIDADE	USOS PREPONDERANTES	
		CONSUMO HUMANO	IRRIGAÇÃO
ALACLOR	$\mu\text{g L}^{-1}$	20	...
ALDICARB	$\mu\text{g L}^{-1}$	10	54.9
ALDRIN E DIELDRIN	$\mu\text{g L}^{-1}$	0.03	
ATRAZINA	$\mu\text{g L}^{-1}$	2	10
BENTAZONA	$\mu\text{g L}^{-1}$	300	...
CARBOFURANO	$\mu\text{g L}^{-1}$	7	...
CLORDANO (ISÔMEROS)	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,2	
2,4 D	$\mu\text{g L}^{-1}$	30	...
DDT (ISÔMEROS)	$\mu\text{g L}^{-1}$	2	...
ENDOSSULFAN	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	...
ENDRIN	$\mu\text{g L}^{-1}$	0,6	...
GLIFOSATO + AMPA	$\mu\text{g L}^{-1}$	500	0,13 (1); 0,06 (2); 0,04 (3)
HEPTACLORO E HEPTACLORO EPÓXIDO	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	...
HEXACLOROBENZENO	$\mu\text{g L}^{-1}$	1	...
LINDANO (G-BHC)	$\mu\text{g L}^{-1}$	2	...
MALATION	$\mu\text{g L}^{-1}$	190	...
METOLACLORO	$\mu\text{g L}^{-1}$	10	28
METOXICLORO	$\mu\text{g L}^{-1}$	20	...
MOLINATO	$\mu\text{g L}^{-1}$	6	...
PARATION	$\mu\text{g L}^{-1}$	...	...
PENDIMETALINA	$\mu\text{g L}^{-1}$	20	...
PENTACLOROFENOL	$\mu\text{g L}^{-1}$	9	...
PERMETRINA	$\mu\text{g L}^{-1}$	20	...
PROPANIL	$\mu\text{g L}^{-1}$	20	...
SIMAZINA	$\mu\text{g L}^{-1}$	2	...
TRIFLURALINA	$\mu\text{g L}^{-1}$	20	...

Nota: ("...": dado não regulamentado).

Fonte: BRASIL (2008).

(1) $7000 < \text{Taxa de irrigação} \leq 12000 \text{ m}^3/\text{ha}$

(2) PCBs = somatória de PCB 28 (2,4,4'-triclorobifenila - n°CAS 7012-37-5), PCB 52 (2,2',5,5'- tetraclorobifenila - n° CAS 35693-99-3), PCB 101(2,2',4,5,5'-Pentaclorobifenila - n°CAS 37680-73-2), PCB 118 (2,3',4,4',5-pentaclorobifenila - n°CAS 31508-00-6), PCB 138 (2,2',3,4,4',5'-hexaclorobifenila - n° CAS 35056-28-2), PCB 153 (2,2',4,4',5,5'- hexaclorobifenila - n°CAS 3505-27-1) e PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5'-heptaclorobifenila - n°CAS 35065-29-3).

(3) Fenóis que reagem com aminoantipirina, válido somente quando ocorre cloração. Os valores máximos permitidos para fenóis previnem a formação de gosto e odor indesejável na água quando da sua cloração. Para o caso de Limites de Quantificação (LQP ou LQA) maior que o valor de interesse análises de perfil de sabor deverão ser realizadas de acordo com métodos analíticos padronizados antes e após a cloração da água. Resultado não objetável indicará atendimento ao padrão de qualidade requerido.

3.6 MICROBACIA DO CÓRREGO SOSSEGO

O presente estudo foi realizado na microbacia hidrográfica do Córrego Sossego (MHCS) que está localizada na porção centro-oeste do estado do Espírito Santo. A bacia está situada no município de Itarana e faz parte da bacia do Rio Doce (Figura 3) (POLONI, 2010). A área de estudo é o foco do “Projeto Sossego”²; projeto interdisciplinar e interinstitucional desenvolvido na localidade desde 2002, a partir do desenvolvimento do “Projeto GEARH-NES: Desenvolvimento de instrumento para gestão de recursos hídricos no norte do Espírito Santo” (GEARH, 2003).

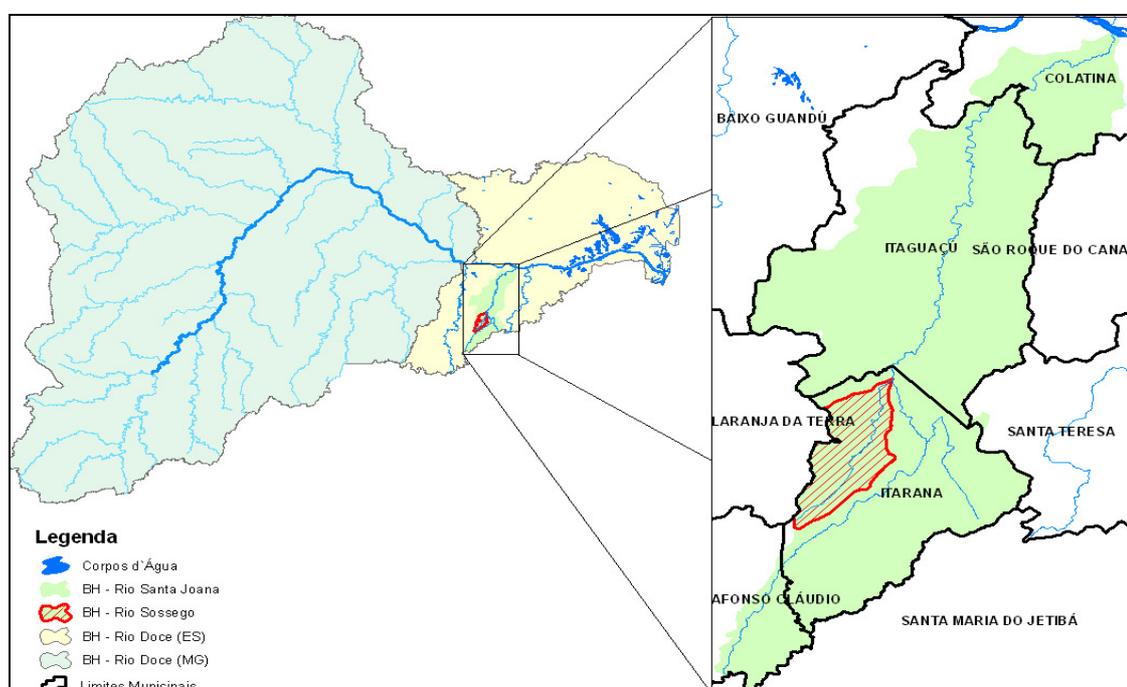


Figura 3 Localização da bacia hidrográfica do córrego sossego.
Fonte: POLONI (2010).

A bacia do Córrego Sossego e a totalidade do município de Itarana estão contidas na Bacia do Rio Santa Joana, uma sub-bacia que contribui na formação da Bacia do Rio Doce, com uma área de drenagem idêntica à do seu território (GIRARDI; QUARENTEI, 2008).

² O “Projeto Sossego” é uma experiência de construção participativa de procedimentos metodológicos em benefício ao desenvolvimento sustentável rural, tomando como referência a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei No. 9433/1997). Tal iniciativa vem sendo realizada como um amplo exercício de integração com objetivo de obter subsídios para a gestão das águas e da agricultura; trabalhando de forma abrangente, os aspectos sociais, econômicos, ambientais e, principalmente, tentando integrar políticas públicas (Teixeira et al., 2007; Lopes e Teixeira, 2009; Girardi e Quarentei, 2009).

A bacia do Sossego possui uma área de drenagem de aproximadamente 65 Km² (6.500 ha) e o seu curso principal tem um comprimento de aproximadamente 19 Km (GEARH, 2003). Nela existem 12 comunidades que, historicamente, se organizam em torno dos sub-afluentes do Córrego do Sossego (Figura 4) (GIRARDI; QUARENTEI, 2008).

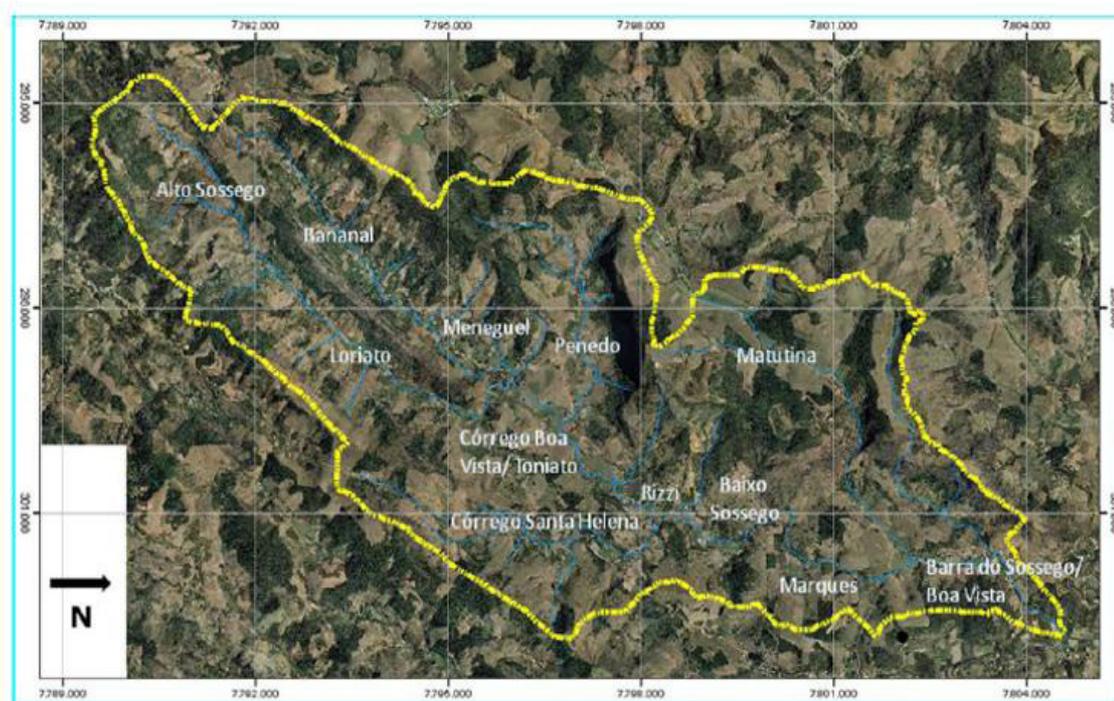


Figura 4 Imagem de satélite com a localização das comunidades da microbacia do córrego sossego.

Fonte: Organizado por POLONI do LABGEST (2009), com base em imagens cedidas pelo IEMA (2008).

Em termos de Zonas Naturais, conforme proposto pelo INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural) (Mapa de Unidades Naturais EMCAPA/NEPUT, 1999), a bacia do Sossego está localizada nas zonas 3 (44% da área) e 6 (33% da área). A zona 3 se caracteriza pela ocorrência de terras de temperaturas amenas, acidentadas e chuvosas/secas; apresenta temperaturas médias mínimas nos meses mais frios de 9,4 a 11,8° C e temperaturas médias máximas nos meses mais quentes de 27,8 a 30,7° C. A zona 6 se caracteriza pela ocorrência de terras quentes, acidentadas e secas; apresenta temperaturas médias mínimas nos meses mais frios de 11,8 a 18° C e temperaturas médias máximas nos meses mais quentes de 30,7 a 34,0° C. A precipitação média observada para a bacia do Sossego é de 960 mm (valor considerado para o Município de Itarana/ES). Os períodos secos são os meses de maio a agosto; enquanto o período úmido, de janeiro a abril e outubro a dezembro.

Segundo Poloni (2010) os tipos de relevo da MHCS apresentam, aproximadamente, os seguintes percentuais: Plano: 5,7%; Suave ondulado: 11,1%; Ondulado: 23,3%; Forte ondulado: 36,1%; Montanhoso: 18,5%; Escarpado: 5,3% (ANEXO I). O mesmo autor relata que 60% da área da microbacia possui classe de relevo com restrições à agricultura, somando-se às faixas Forte ondulado, Montanhoso e Escarpado áreas às quais possuem declividade acima de ondulado.

Os solos encontrados na MHCS são pertencentes ao grupo dos Argissolos, Latossolos, Neossolos e Gleissolos (ANEXO II). Aproximadamente 65% de sua área é coberta pela classe argissolos, após o valor do neossolo lítólico que por sua vez apresenta pequena área de toda a bacia (POLONI, 2010).

A estrutura fundiária da MHCS é baseada principalmente na agricultura familiar, que representa 75% das propriedades agrícolas do Estado do Espírito Santo (LABGEST 2009). Conforme GEARH (2003), esta estrutura fundiária é formada por 148 estabelecimentos onde predomina pequenos proprietários de base familiar possuidores de áreas de até 50 ha, que abastecem a Grande Vitória e outras regiões do Espírito Santo. São observados com frequência “meieiros”, que dividem a condução das culturas com os proprietários (na comunidade isto é usualmente chamado de “parceria”).

Com relação às práticas florestais, as propriedades da bacia do Sossego, em sua maior parte, não apresentam reserva legal definida nem áreas de preservação permanente conservadas, sendo estas áreas normalmente utilizadas para produção agrícola. As áreas de reservas de vegetação nativa variam de 2 a 30 ha e dentre a área total da bacia, 1839 ha são cobertos com vegetação nativa em diversos estágios sucessionais (ANEXO III). Das 225 nascentes existentes nesta bacia, apenas 72 estão protegidas por algum tipo de vegetação ciliar (LABGEST, 2010).

De acordo com LABGEST (2010), a atividade agrícola predominante na bacia do Sossego é a cafeicultura composta pelas variedades “Conilon” e “Arábica” com uma área total aproximada de 743,4 hectares (ANEXO III). Além das duas cultivares produzidas na microbacia, essa área inclui também alguns consórcios de café com outras culturas (café/mamão, café/banana e café/limão). A olericultura possui uma área plantada de 252,6 ha

e a fruticultura ocupa uma área de 227,5 ha (ANEXO III). A fruticultura vem se expandindo na bacia com a ampliação de áreas produtoras de banana, cítricos (limão, laranja e tangerina), maracujá, manga, goiaba, coco e mamão permitindo desta forma a oferta de empregos e servindo como complemento da renda na entressafra do café, somando-se à renda da olericultura.

A pecuária bovina, tanto de corte quanto de leite, atende basicamente ao consumo próprio, sendo realizada, quando existem excedentes, uma pequena produção de queijo caseiro ou de gado para abate. A criação de frangos e suínos também é voltada para consumo próprio, porém é pouco expressiva na região (GEARH-NES, 2003).

A conexão dos produtores rurais do município de Itarana/ES com o abastecimento alimentar da Região Metropolitana da Grande Vitória se constitui na principal forma de integração do espaço regional, segundo Girardi e Quarentei (2008). Com exceção do café, a maioria dos produtos é vendida diretamente a intermediários, também chamados de “atravessadores”, que por sua vez abastecem mercados e feiras, bem como a própria Central de Abastecimento do Espírito Santo – CEASA/ES (Cariacica-ES) (LABGEST, 2010).

Dentre os principais problemas ambientais encontrados na bacia, destacam-se os decorrentes do uso intensivo/indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes utilizados pela maioria dos produtores da bacia, contribuindo desta forma para poluição ambiental e risco à saúde da população; à associação entre cobertura vegetal pobre e práticas agrícolas inadequadas; conflitos na dimensão do uso e demanda por água e disposição inadequada do esgoto doméstico (GIRARDI; QUARENTEI, 2008).

No que se refere à remoção da cobertura vegetal nativa associada à adoção de inadequadas práticas agrícolas, vem acarretando em sérios problemas sociais e ambientais na região. Observa-se em períodos extremos de seca e de chuva, a diminuição tanto do volume de água dos córregos quanto o assoreamento dos mesmos, fato este decorrentes da erosão que, além disso, concorre para a diminuição da fertilidade dos solos da bacia (GIRARDI; QUARENTEI, 2008).

A água possui diversos fins, sendo considerado um elemento necessário a quase todas as atividades humanas. Neste contexto, quando se pensa em conservação, além dos aspectos ligados aos usos e usuários do recurso água, deve-se considerar também o próprio aspecto físico que envolve este recurso. Fatores como altitude, clima, geologia, declividade, insolação, solo e vegetação indicam menor ou maior disponibilidade de água em uma determinada região (BELTRAME, 1994) e conseqüentemente uma maior ou menor probabilidade de ocorrer conflitos e disputas entre os diversos usos por este recurso (VICTORINO, 2003).

Referente ainda à bacia em estudo é grande a necessidade de água para irrigação, porém, a água é escassa. Muitos conflitos já foram registrados em períodos de estiagem, principalmente por que o córrego Sossego se caracteriza por apresentar o curso principal intermitente em determinadas épocas do ano (GEARH 2003).

O uso principal da água na bacia do Sossego é para irrigação. Segundo Girardi e Quarentei (2008), a maioria dos produtores da bacia do Sossego usa para irrigar o sistema de aspersão com captação direta do curso d'água por meio de bombas. Há também a presença de tanques para armazenamento de água, provenientes da captação de água do córrego, onde os agricultores cavam buracos em suas propriedades para enchê-las de água. Portanto, considerando episódios de seca, a prática de retenção da água é uma maneira dos produtores prevenirem sua ausência.

Outro uso destacado na bacia é a utilização da água para consumo. Na maioria das propriedades, a água para consumo é obtida por meio de poços, não havendo uma rede de abastecimento e nem monitoramento adequado quanto à sua qualidade (GIRARDI; QUARENTEI, 2008; LABGEST, 2010). Considerando que a disposição de efluentes domésticos é realizada por meio de fossa séptica, construídas geralmente sem planejamento adequado com relação à distância de fontes hídricas, e lançamento direto ou indireto em açudes, represas, canais ou nos córregos locais, há o risco potencial à saúde local por doenças de veiculação hídrica. (LABGEST, 2010).

3.6.1 Tipos de Sistema de Irrigação

Segundo Mantovani (2000) dentre os sistemas de irrigação existentes destacam-se a irrigação por aspersão convencional, por canhão hidráulico, autopropelidos, pivô central e o gotejamento (irrigação localizada). O autor ainda afirma que a escolha de qualquer um destes sistemas vai depender de vários fatores como: tipo de solo, topografia e tamanho da área, fatores climáticos, fatores relacionados ao manejo da cultura, déficit hídrico, capacidade de investimento do produtor e o custo do sistema de irrigação.

A seguir serão descritos os sistemas utilizados nas propriedades onde foram realizados os monitoramentos da água dos mananciais superficiais e subterrâneos da bacia do Córrego Sossego.

3.6.1.1 Irrigação por Aspersão

Na irrigação por aspersão (Figura 5) a água é direcionada às plantas através de um mecanismo pressurizado que faz com que o jato de água se divida em pequenas gotas antes de se distribuir sobre o terreno. O mecanismo que faz com que o jato de água seja fracionado é chamado de aspersor, existindo características e modelos variados de acordo com o fabricante e a finalidade do equipamento (FERREIRA, 2005).

O sistema de canhão hidráulico (Figura 6) é uma variação do sistema de aspersão convencional na qual a modificação é o uso de aspersores maiores, que possibilitam um maior espaçamento entre linhas e aspersores diminuindo desta forma a mão-de-obra e permitindo irrigar áreas maiores (MANTOVANI, 2002).



Figura 5 Sistema de irrigação por aspersão.



Figura 6 Sistema de aspersão por canhão hidráulico.

3.6.1.2 Irrigação Localizada

A irrigação localizada, conhecida internacionalmente como microirrigação, é a aplicação de água no solo numa faixa restrita ao sistema radicular. Desta forma, apenas a superfície do solo é molhada diminuindo consequentemente a evaporação direta da água do solo para a atmosfera e permitindo uma maior eficiência de aplicação e controle da água aplicada quando comparada ao sistema de irrigação por aspersão e por superfície (RODRIGO LÓPEZ et al., 1992).

De acordo com Silva et al., (2003), os sistemas localizados mais difundidos são o sistema por gotejamento (Figura 7) e microaspersão (Figura 8).



Figura 7 Sistema de irrigação por gotejamento



Figura 8 Sistema de irrigação por microaspersão.



Os gotejadores são conectados às linhas laterais, capazes de dissipar a pressão disponível na linha lateral e aplicar vazões pequenas e constantes. A vazão geralmente varia entre 1 a 20 L.h⁻¹, aplicada gota-a-gota, sob pressões de serviço variando entre 5 e 25 mca (BERNARDO et al., 2005).

Os microaspersores são pequenos aspersores de plástico, instalados geralmente sobre a linha lateral, com vazões aplicadas de forma pulverizada na faixa de 20 a 150 L.h⁻¹, sob pressões de serviço variando de 10 a 20 mca (PIZARRO CABELLO, 1990). É um tipo de emissor que oferece mais vantagem às culturas de maior espaçamento e que possuem grande expansão do sistema radicular (banana, limão, manga, etc), pois apresentam em relação aos gotejadores, maior raio molhado e vazões mais elevadas (LOPES, 2006).

Existem, além dos gotejadores e microaspersores, emissores alternativos como o “Microjet” ou “Microspray” (Figura 9), que funcionam numa faixa intermediária entre os gotejadores e os microaspersores de pressão e vazão (BUFON et al., 2000; SOUZA, 2000).



Figura 9 Sistema localizado com emissor do tipo “Microjet.”

Segundo Silva et al. (2003), relatam dentre os vários benefícios providos pelos sistemas localizados:

- Controle da quantidade de água a ser fornecida para a planta;

- Facilidade junto à água de irrigação de distribuição de fertilizantes e outros produtos químicos;
- Baixo consumo de energia;
- Eficiência potencial elevada de aplicação de água;
- Pouca mão-de-obra e facilidade de automação;
- Menor desenvolvimento de ervas daninhas entre linhas de plantio.

Como desvantagens a este tipo de equipamento, Lopes (2006) cita seu alto custo de implantação e sensibilidade a entupimentos. Destacam-se, também, como desvantagens deste sistema os vazamentos decorrentes de danos provocados por animais e tratos culturais inerentes, a necessidade de manutenção e monitoramento do mesmo (SKAGGS, 2001

4. METODOLOGIA

4.1 ASPECTOS GERAIS

O trabalho foi desenvolvido em cinco etapas, sendo a primeira delas um reconhecimento da área de estudo. Na segunda etapa foi realizado uma entrevista com os produtores da bacia a partir da elaboração de um questionário; levantamento dos poços artesianos existentes na bacia; levantamento das culturas agrícolas desenvolvidas na região e dos agrotóxicos utilizados. Na terceira etapa foram identificadas as propriedades físico-químicas dos agrotóxicos e à aplicação dos índices e/ou modelos matemáticos (*Screening* da EPA, do Índice de GUS e do Método de Goss) para o estudo do potencial de transporte de agrotóxicos visando análise de potencial de risco de contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos. Na quarta etapa foram definidos os pontos de monitoramento e por fim, na quinta etapa foi realizado o monitoramento das águas superficiais e subterrâneas da área de estudo (0).

4.1.1 Etapa 1

4.1.1.1 Reconhecimento da área

Para dar início à realização deste trabalho, foi necessário fazer um reconhecimento da bacia em estudo através de visitas de campo. Inicialmente foi realizada uma entrevista com o Incaper de Itarana/ES para conhecimento dos produtores da bacia do Córrego Sossego, quais as culturas predominantes na região, os agrotóxicos mais utilizados e as dificuldades enfrentadas por estes agricultores com relação às atividades agrícolas. Nesta primeira etapa as propriedades foram visitadas e os produtores foram informados sobre o trabalho a ser realizado.

4.1.2 Etapa 2

4.1.2.1 Realização de entrevistas e levantamento dos poços existentes na bacia

Nesta etapa foi realizada a primeira entrevista com os produtores a partir de um questionário, onde o critério de escolha dos informantes foi aleatório não importando o sexo, mas um representante que se dispusesse a dar informações necessárias ao trabalho e que estivesse envolvido com o projeto em andamento, obtendo assim, as seguintes informações: uso mais frequente da água disponível na propriedade; existência de tratamento na água usada para consumo, quantidade de pessoas que residem no local; tipo de tratamento de esgoto; culturas produzidas; uso de agrotóxicos; acesso a compra de agrotóxicos e orientação técnica quanto aos cuidados na aplicação dos produtos; reclamações referentes ao aspecto organoléptico da água (cor, odor e sabor) em relação à aplicação de agrotóxicos e alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. O questionário encontra-se no APÊNDICE E.

Em cada propriedade visitada na bacia foi investigado a existência de poços rasos. Quando encontrado, foi avaliado a profundidade de cada poço e o seu nível de água.

4.1.2.2 Levantamento das culturas produzidas e agrotóxicos utilizados na bacia

Foi feito um levantamento das culturas cultivadas em cada propriedade entrevistada os principais agrotóxicos utilizados.

As informações sobre os agrotóxicos (princípios ativos) que são aplicados nas culturas foram obtidas a partir de informações fornecidas pelos agricultores e com ajuda do INCAPER – Itarana/ES, em entrevista realizada no ano de 2009, e, os dados referentes à classe de uso, grupo químico e classificação toxicológica dos agrotóxicos estudados na bacia foram obtidos junto Agência Nacional de Vigilância Sanitária- ANVISA onde é disponibilizado monografias com diversas informações técnicas para os agrotóxicos cujo uso é autorizado no país (ANVISA, 2010). Também foram utilizadas essas informações para identificar as

substâncias autorizadas para uso no Brasil além da caracterização dos ingredientes ativos autorizados para as culturas implantadas nas propriedades estudadas.

Os princípios ativos foram separados quanto a sua ação sobre os organismos vivos em herbicidas, inseticidas e fungicidas, bem como ao grupo químico e à classe toxicológica a que pertencem. Foi traçado também um perfil entre os princípios ativos utilizados com as culturas produzidas, em termos de autorização para uso, nas 13 propriedades estudadas.

A classificação ambiental de um agrotóxico está sujeito às características dos constituintes do produto formulado, não estando disponível para cada ingrediente ativo individualmente (FERNANDES NETO, 2010). Neste sentido, por não ter sido levantado nas entrevistas a marca comercial dos produtos formulados, a classificação quanto ao potencial de periculosidade ambiental das formulações de agrotóxicos não foi discutida no presente trabalho.

4.1.3 Etapa 3

4.1.3.1 Identificação das propriedades físico-químicas dos agrotóxicos

As informações das propriedades físico-químicas dos princípios ativos encontrados foram obtidas a partir do acesso aos documentos disponibilizados nas páginas eletrônicas do PAN, 2009; EXTOXNET, 2009; FOOTPRINT, 2009; AGRITOX, 2009; OSU, 2009; HEALTH CANADA, 2010; TOXNET, 2010; IPCS, 2010.

Dentre as características físicas e químicas importantes para aplicação dos modelos, foi levantado o tempo de meia-vida no solo e na água (DT_{50}), coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{oc}), solubilidade em água (S) e constante da Lei de Henry (K_H), parâmetros estes necessários para a aplicação dos modelos. Os dados referentes às propriedades físico-química dos agrotóxicos utilizados na bacia de estudo estão apresentados no APÊNDICE F.

Nos casos em que havia mais de uma referência disponível de DT_{50} solo, DT_{50} água, K_{oc} , S e K_H para os agrotóxicos levantados nesta pesquisa, foram utilizadas informações sobre os menores e maiores valores e média de todos os valores encontrados na literatura a fim de verificar diferenças no comportamento dos agrotóxicos.

4.1.3.2 *Estudo do potencial de contaminação das águas superficiais e subterrâneas*

Para avaliar o potencial de transporte e assim, potenciais riscos de contaminação dos mananciais por agrotóxicos foi utilizado o índice de GUS e o Método de Goss.

Na avaliação do potencial de lixiviação e risco de contaminação das águas subterrâneas foram utilizado o índice de GUS (GUSTAFSON, 1989, apud FILIZOLA et al., 2005), enquanto que na avaliação do manancial superficial, adotou-se o método de Goss (GOSS, 1992, apud FILIZOLA et al., 2005). Os limites adotados para classificação dos valores são apresentados no item 3.5.6, levando-se também em consideração as seguintes observações:

- Para o atendimento ao método de Goss (GOSS, 1992, apud DORES, 2000), que permiti avaliar se o agrotóxico tem potencial para transporte adsorvido em solo e dissolvido em água visando avaliar o risco potencial de contaminação de águas superficiais, as substâncias que não se enquadraram em nenhum dos critérios (alto ou baixo transporte associado ao sedimento ou dissolvido em água) (Tabela 4 - do item 0) foram consideradas como possuidoras de médio potencial de contaminação de águas superficiais.

4.1.4 **Etapa 4**

4.1.4.1 *Escolha dos pontos de monitoramento*

Os pontos de monitoramento superficial e subterrâneo foram definidos com base nos resultados das entrevistas realizadas previamente com os agricultores da região, e em função da sua proximidade com áreas agrícolas e do uso de agrotóxicos no controle de pragas e doenças.

Em cada monitoramento realizado nas áreas selecionadas para este estudo foram efetuados:

- Avaliação das condições ambientais de cada ponto monitorado, a saber: avaliação expedita de vazão do córrego; medição do nível d'água do poços monitorados com intuito de relacionar a quantidade de água no córrego com o nível de água no poço; avaliação dos usos da água presente na propriedade; o regime de chuva na época de coleta, etc;
- Avaliação das condições sanitárias de cada ponto monitorado, a saber: presença de fossa na propriedade; dimensões das fossas; distância do poço à fossa; distância da fossa ao rio, distância do poço ao rio, presença de reservatório para abastecimento e a quantidade de pessoas que residem nas casas (APÊNDICE A);
- Avaliação das condições agronômicas de cada ponto monitorado, a saber: quais culturas cultivadas; área cultivada; agrotóxicos aplicados, forma e época de aplicação, se aplicaram algum agrotóxico na época do monitoramento, tipo de sistema de irrigação, etc (APÊNDICE C).

4.1.5 Etapa 5

4.1.5.1 Monitoramento das águas superficiais e subterrâneas

Quatro pontos foram selecionados para coleta de água córrego. Para os pontos de coleta 1, 2 e 3 no manancial superficial foram escolhidos poços rasos próximos destes pontos. A Figura 10 apresenta um mapa da hidrografia e localização dos pontos de amostragem e coleta descritos na Tabela 7 -, com as respectivas coordenadas geográficas e identificação.

Tabela 7 - Pontos de monitoramento e amostragem nos córregos e poços artesanais das propriedades rurais estudadas e suas coordenadas geográficas.

Propriedade rural	Ponto amostral	Comunidade	Coordenadas (UTM)	Altitude (m)
1	Córrego*	Bananal	298098/7794521	191
	Poço		298064/7794544	194
2	Córrego *	Loriatto	299093/7794177	195
	Poço		298980/7794182	203
3	Córrego*	Baixo Sossego	301391/7799112	177
	Poço		301214/7799061	180
4	Córrego*	Baixo Sossego	302401/7804026	153

A escolha do número de pontos de monitoramento e a frequência das amostragens estiveram atreladas à disponibilidade financeira e à logística (transporte e tempo de análise das amostras), bem como a aceitação dos proprietários rurais em participar e contribuir com informações para tal pesquisa.

As coletas das amostras de água subterrânea e superficial foram realizadas no período entre maio de 2010 e dezembro de 2010, totalizando oito campanhas.

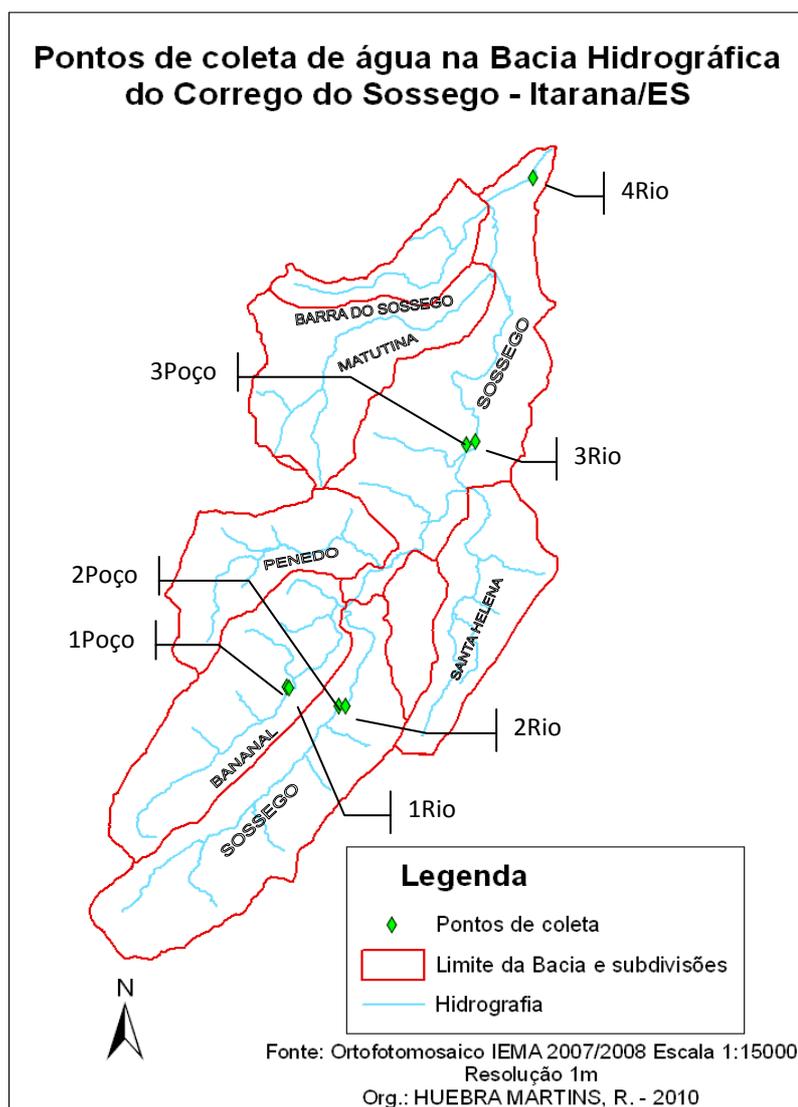


Figura 10 Mapa da Bacia Hidrográfica do Córrego Sossego com a indicação dos pontos de amostragem.

As amostras de água subterrânea foram coletadas nas saídas das bombas dos poços artesianos após um descarte inicial desta. Se porventura não houvesse saída de água das bombas, esta era coletada diretamente das residências que possuíam água subterrânea encanada, deixando-se escorrer a água por alguns minutos antes da coleta. A amostragem de água subterrânea em um dos poços monitorados na área de estudo é apresentada na Figura 11. A coleta de água dos córregos foi realizada manualmente e em subsuperfície.

Antes do armazenamento das amostras, os recipientes foram ambientados três vezes com a própria amostra, descartando-as em seguida.



Figura 11 Amostragem de água subterrânea: saída da bomba (A) e da torneira (B).

4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E BACTERIOLÓGICAS

Todos os procedimentos de coleta, preparo dos frascos de coleta, transporte e acondicionamento das amostras destinadas as análises físico-químicas seguiram as recomendações do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 20TH ed.” (APHA, 1998).

As amostras foram acondicionadas em caixas de isopor e preservadas em gelo até a chegada ao Laboratório de Saneamento (LABSAN), do Departamento de Engenharia Ambiental, da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).

Foram analisados: pH, temperatura, condutividade, turbidez, oxigênio dissolvido (OD), nitrato (NO_3^{-1}), nitrito (NO_2^{-1}), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), cor verdadeira e cor aparente e os parâmetros microbiológicos coliformes totais e *Escherichia coli*.

As amostras para as determinações de coliformes totais e *E. coli* foram coletadas em frascos de polietileno de 125 mL previamente lavados e autoclavados (121 °C por 20 minutos).

Para a análise de coliformes totais e *E. coli* foi utilizado o método de substrato cromofluorogênico (Colilert® Idexx) em cartelas com 97 poços (Quanti-Tray/2000® Idexx), conforme o método 9223 do “Standard Methods” (1998).

As amostras para análise dos parâmetros cor verdadeira e aparente, turbidez, nitrato (NO_3^{-1}), nitrito (NO_2^{-1}) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), foram coletadas em frascos de polietileno de aproximadamente 5 litros, previamente lavados (detergente neutro, água da torneira e água destilada/deionizada) e secos. A medição de temperatura, pH, oxigênio dissolvido (OD), e condutividade foi realizada em campo, no momento da coleta. Os parâmetros físico-químicos avaliados nas amostras de água bruta, os métodos e equipamentos utilizados estão relacionados na 0.

Tabela 8 - Parâmetros analisados, método analítico e equipamentos utilizados.

Parâmetro	Método	Equipamento	Referência
Temperatura	Termômetro de mercúrio 2550 B	Sonda Quanta marca Hydrolab	APHA, 1998
Condutividade	Condutimétrico 2510B	Sonda Quanta marca Hydrolab	APHA, 1998
Salinidade	Método de Condutividade Elétrica 2520B	Sonda Quanta marca Hydrolab	APHA, 1998
pH	Potenciométrico 4500 B	Phmetro Quaxtron modelo 8010	APHA, 1998
Oxigênio dissolvido	-	Medidor de OD YK-22DO	-
Turbidez	Nefelométrico 2130 B	Turbidímetro HACH 2100P	APHA, 1998
Cor Aparente	Espectrofotométrico – DPD 465nm	Espectrofotômetro Amersham Pharmacia Biotech Ultrospec – 10000	APHA, 1998
Cor Real	Espectrofotométrico – DPD 465nm	Ultrospec – 10000	APHA, 1998
Nitrato	Espectrofotométrico 4500- NO_3 e Cadmium Reduction 543nm	Ultrospec [®] – 10000	APHA, 1998
Nitrito	Espectrofotométrico 4500- NO_2 B. Colorimetric 543nm	Ultrospec [®] – 10000	APHA, 1998
Demanda bioquímica de oxigênio	Método Respirométrico 5210D	Oxitop [®]	APHA, 1998

4.3 ANÁLISE DE AGROTÓXICOS

As amostras para análise de identificação e quantificação de agrotóxicos foram armazenadas em frascos de vidro âmbar de 1 litro e acondicionadas em uma caixa de isopor com gelo. Em

laboratório, as amostras permaneceram na geladeira, a $4^{\circ}\text{C} \pm 0,5$, até o envio das mesmas ao Laboratório de Química Ambiental (LQA), do Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo (USP).

O carbofuran e o flutriafol foram determinados através de análises em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE ou HPLC - High Performance Liquid Chromatography) conforme Método n° 8.318 da USEPA. O paraquat foi extraído e concentrado pela técnica de extração em fase sólida (SPE – Liquid-Solid Extraction) para posterior identificação e quantificação em CLAE com detecção por ultra-violeta, segundo Método n° 549.2 da USEPA. Já o glifosato e o AMPA foram determinados por cromatografia líquida de acordo com o Método n° 6.651 do Standard Methods for Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005). As condições cromatográficas para os agrotóxicos em estudo são apresentadas na Tabela 9 -.

Tabela 9 - Condições cromatográficas para os agrotóxicos em estudo.

Parâmetro Analítico	Limite de Quantificação ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Metodologias Utilizadas
AMPA	0,05	Método 6651- Glyphosate Herbicide, do "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" – 21 ^a Edição, 2005.
Glifosato	0,05	Método 6651- Glyphosate Herbicide, do "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" – 21 ^a Edição, 2005.
Carbofurano	0,07	METHOD 8318 ^a - USEPA N-Methylcarbamates By High Performance Liquid Chromatography (HPLC).
Flutriafol	0,05	METHOD 8318 ^a - USEPA N-Methylcarbamates By High Performance Liquid Chromatography (HPLC).
Paraquat	0,05	Method 549.2 Determination of Diquat and Paraquat in Drinking Water By Liquid-Solid Extraction And High Performance Liquid Chromatography with Ultraviolet Detection.

ETAPAS DO TRABALHO

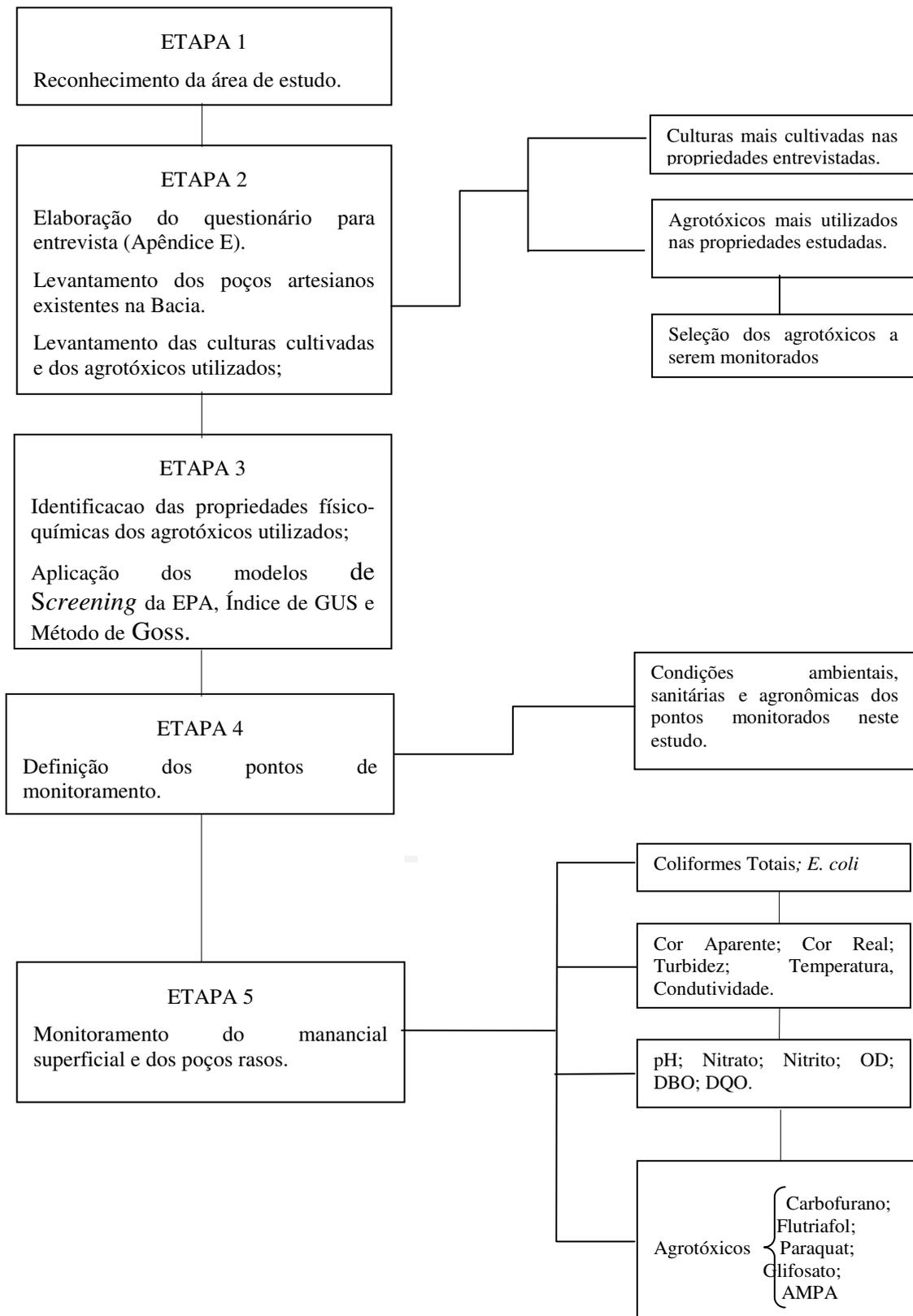


Figura 12 Estrutura do trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 ETAPAS 1 E 2

5.1.1 Caracterização da bacia do Córrego Sossego referente às propriedades estudadas

Das doze comunidades presentes na bacia e que estão inseridas no Projeto Sossego foram escolhidas 13 propriedades a serem estudadas.

Segundo dados obtidos pelo INCAPER de Itarana/ES as principais culturas cultivadas pelos agricultores da região da bacia do Córrego Sossego são café, banana e inhame. Com relação aos agrotóxicos frequentemente usados pelos agricultores destacam-se o glifosato e o flutriafol utilizados na cultura do café, o carbofurano na cultura da banana e o paraquat que, vem sendo usado na cultura do inhame apesar de ser proibido pela ANVISA para tal cultura.

A partir das entrevistas realizadas com os produtores pôde-se observar que problemas como escassez de água são os mais graves, em especial nos períodos de secas recorrentes, pois prejudica as atividades agrícolas e o abastecimento doméstico, comprometendo o nível de água dos córregos e dos poços, resultando em crescentes conflitos pelo seu uso. A construção de “tanques/poços”, ao longo dos córregos, é uma alternativa encontrada pelos agricultores para solução deste problema agravando desta forma a redução da disponibilidade de água a jusante de suas propriedades.

Em visita realizada nas propriedades da bacia para reconhecimento da área pôde-se observar que a agricultura é a atividade com maior demanda de volume de água. No que diz respeito ao uso da água na irrigação, as utilizações deste recurso se diferenciam entre represamento (“tanques/poços”) da água proveniente das nascentes e do córrego; uso do manancial subterrâneo a partir de poços e o uso da água diretamente do córrego por meio de bombas. Nas 13 propriedades que fazem uso da água para irrigação 38% delas utilizam tanques para represamento, 23 % captam água diretamente dos córregos, 31% utilizam água somente da nascente e 8% utilizam água somente de poço (Figura 13).

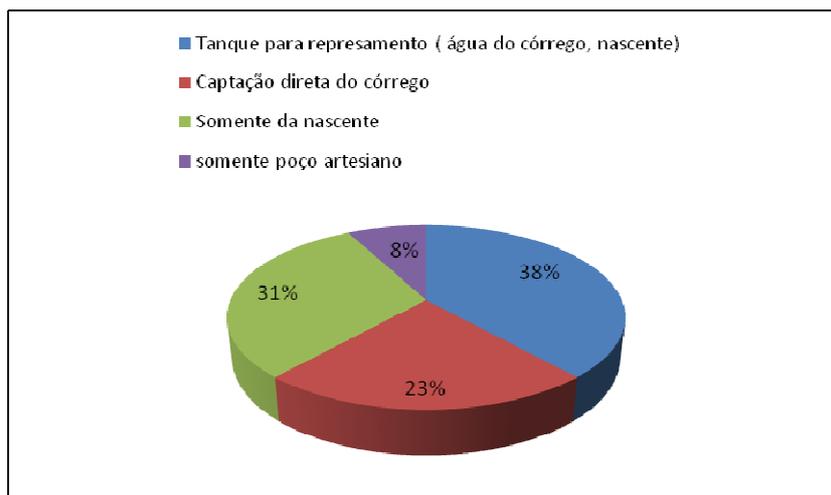


Figura 13 Fonte de água usada na irrigação.

Pelo levantamento realizado nas propriedades da bacia do Córrego Sossego, foram encontrados 13 poços do tipo raso (Figura 14). A profundidade destes poços encontra-se em sua maioria (76,93%) entre 4 a 7 metros, havendo a presença também de poços com 2 (7,69%), 9 (7,69%) e 90 (7,69%) metros, este último de uso na irrigação.



Figura 14 Poços rasos encontrados nas propriedades da Bacia do Córrego Sossego. Poços Tubulares Rasos (A), (B) E (C) E (D).

Dez (77%) destes poços são utilizados somente para consumo, um (7%) é usado tanto para consumo quanto na irrigação, um (8%) somente na irrigação e um (8%) está inutilizado (Figura 15).

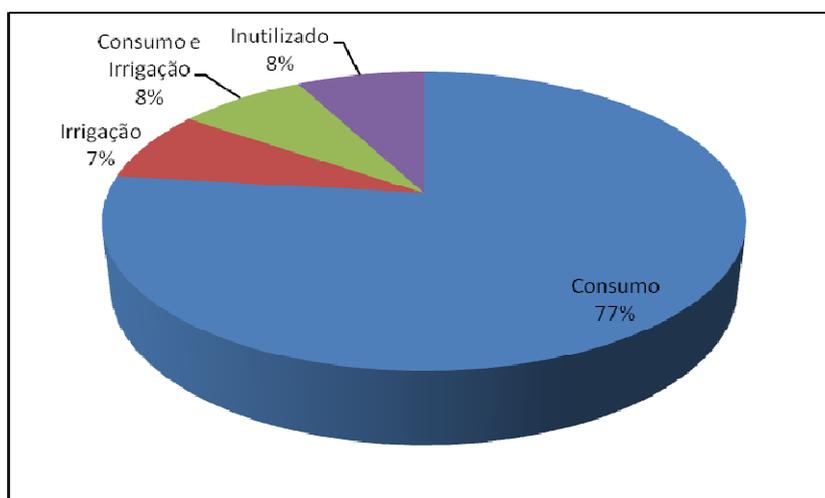


Figura 15 Usos dos poços artesianos encontrados a partir do levantamento realizado nas propriedades da bacia do Córrego Sossego.

Em duas propriedades foram relatados problemas com ferro na água motivo pelo qual um proprietário inutilizou um poço e o outro só o utiliza para irrigação. Outra reclamação com relação à água de poço, relatada por um agricultor e sua família, foi à presença de gosto e odor forte na água de sua propriedade em época de seca, levando o proprietário a utilizá-la somente para lavar roupas, vasilhas e tomar banho inutilizando-a para consumo. Foi verificado que 78,57% do abastecimento de água nas propriedades estudadas é feita por sistema de poço, sem nenhum tipo de tratamento, e 21,43% usam água de nascente. Estes resultados permitem inferir que a principal fonte de água para consumo humano é a subterrânea. Com relação à coleta e tratamento de esgotos domésticos na bacia em estudo todos os entrevistados possuem sumidouro, com 4 pessoas em média vivendo em cada propriedade.

5.1.2 Culturas cultivadas nas propriedades rurais estudadas

Em visitas a campo observou-se o predomínio da cultura do café e algumas olerícolas corroborando com os dados do GEARH-NES (2003). As principais culturas agrícolas desenvolvidas nas propriedades estão listadas na Tabela 10 -. Das 13 propriedades o café é a cultura mais produzida seguida da banana, milho e quiabo cultivada em 5 propriedades.

Tabela 10 - Principais culturas desenvolvidas na bacia do Córrego Sossego.

Culturas	Número de Propriedades (n)
Arroz	1
Banana	5
Berinjela	2
Cacau	3
Café	11
Cana	1
Feijão	1
Inhame	3
Jaboticaba	1
Jiló	3
Mamão	2
Milho	5
Pepino	1
Pimenta	1
Quiabo	5
Tomate	2

5.1.3 Agrotóxicos usados nas propriedades rurais estudadas

A partir do questionário (APÊNDICE E) aplicado aos produtores foi possível identificar os princípios ativos aplicados nas principais culturas. Todas as propriedades rurais visitadas usam agrotóxicos, num total de 20 princípios ativos diferentes. Foram identificados 11 inseticidas (alguns destes também com ação acaricida, fungicida, nematicida, cupinicida ou formicida), 5 fungicidas (um com ação acaricida) e 4 herbicidas (Tabela 11 -. Com exceção do endossulfam que está em processo de retirada programada do território nacional, resultante da reavaliação toxicológica, os demais ingredientes ativos são liberados para uso no Brasil (ANVISA 2010).

Da relação dos princípios ativos mais utilizados nas 13 propriedades da bacia foi possível verificar que 69,2% delas aplicam glifosato. Já os ingredientes ativos 2,4D e flutriafol são aplicados em 30,8% das propriedades e o metomil e a abamectina

aplicados em 23,1%. O tiametoxan e o paraquat são utilizados em 15,4% das propriedades estudadas.

Conforme os dados apresentados no relatório semestral de 2009 do IBAMA, o glifosato e seus sais estão em primeiro lugar no ranking de comercialização do Brasil, representando 76% de comercialização da classe de uso de herbicidas. O glifosato pertence ao grupo químico glicina substituída sendo tóxico para organismos aquáticos, de pouca toxicidade a organismos do solo, aves e abelhas e pouco bioacumulável (IBAMA, 2009).

Tabela 11 - Agrotóxicos utilizados nas propriedades estudadas da bacia do Córrego Sossego na região de Itarana – ES.

Princípio Ativo	Classe Química*	Grupo Químico	Classificação **Tox.	Uso lavoura n(%)
2,4D	H	Ácido ariloxialcanóico	I	4 (30,8)
Abamectina	A/I/N	Avermectinas	I	3 (23,1)
Acetamiprido	I	Neonicotinóide	III	1 (7,7)
Beta-ciflutrina	I	Piretróide	II	1 (7,7)
Carbofurano	A/C/I/N	Metilcarbamato de benzofuranila	I	1 (7,7)
Cimoxanil + Mancozeb	F	Acetamida + alquilenobis (ditiocarbamato)	III	1 (7,7)
Ciproconazol + thiametoxam	F/I	Triazol + neonicotinóide	III	1 (7,7)
Deltrametrina	f/I	Piretróide	III	1 (7,7)
Endossulfam	A/I	Organoclorado Subgrupo: Clorociclodieno	I	1 (7,7)
Espiromesifeno	A/I	Cetoenol	III	1 (7,7)
Flutriafol	F	Triazol	III	4 (30,8)
Glifosato	H	Glicina substituída	IV	2 (15,4)
Glifosato-sal de isopropilamina	H	Glicina substituída	IV	7 (53,8)
Lambda-cialotrina	I	Piretróide	III	1 (7,7)
Mancozebe	A/F	Alquilenobis (ditiocarbamato)	III	1 (7,7)
Metomil	A/I	Metilcarbamato de oxima	I	3 (23,1)
Paraquat	H	Bipiridílio	I	2 (15,4)
Tebuconazol	F	Triazol	IV	1 (7,7)
Tiametoxam	I	Neonicotinóide	III	2 (15,4)
Tiofanato –metílico	F	Benzimidazol (precursor de)	IV	1 (7,7)

*A: acaricida; C: cupinicida; F: fungicida; f: formicida; H: herbicida; I: inseticida; N: nematocida; ** I: extremamente tóxico; II: altamente tóxico; III: medianamente tóxico; IV: pouco tóxico. n = número de propriedades; % = porcentual de propriedades.

Os agrotóxicos encontrados a partir das entrevistas pertencem a diferentes classes toxicológicas sendo: 9 agrotóxicos (45%) da classe III (medianamente tóxico); 6 (30%) da classe I (extremamente tóxico); 4 (20%) da classe IV (pouco tóxico) e 1 (5%) da classe II (altamente tóxico), conforme mostrado na Figura 16 .

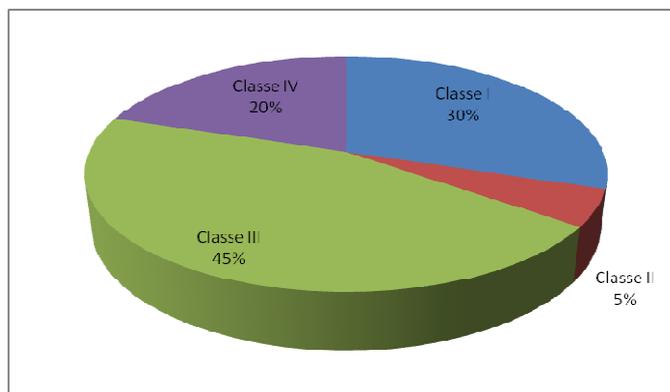


Figura 16 Classificação toxicológica dos agrotóxicos usados nas propriedades estudadas da bacia do Córrego Sossego.

A partir do questionário aplicado aos produtores foi possível fazer uma análise entre os princípios ativos utilizados com a aplicabilidade nas culturas cultivadas nas 13 propriedades estudadas. A relação dos ingredientes ativos utilizados pelos agricultores e as culturas nas quais estes são aplicados são apresentados na Tabela 12 -. A partir dos resultados obtidos, foi possível verificar o uso indevido de alguns agrotóxicos não autorizados para algumas culturas cultivadas.

Tabela 12 - Relação dos ingredientes ativos utilizados nas propriedades estudadas e respectivas culturas. (continua)

Classe Química	Princípio ativo	Cultura
INSETICIDAS	Abamectina	Café, Jiló*, Mamão, Pimenta* e Quiabo*
	Acetamiprido	Jiló*
	Beta-ciflutrina	Jiló*
	Carbofurano	Banana
	Ciproconazol + thiametoxam	Café
	Deltrametrina	Jiló* e Quiabo*
	Endossulfam	Mamão*
	Espiromesifeno	Jiló*
	Lambda-cialotrina	Jiló*
	Metomil	Quiabo*
	Tiametoxam	Café, Jiló* e Quiabo*

Tabela12- Relação dos ingredientes ativos utilizados nas propriedades estudadas e respectivas culturas. (conclusão)

Classe Química	Princípio ativo	Cultura
FUNGICIDAS	Cimoxanil + Mancozeb	Berinjela [◊] e Jiló [◊]
	Flutriafol	Banana e Café
	Mancozebe	Jiló [◊]
	Tebuconazol	Café e Quiabo [◊]
	Tiofanato –metílico	Quiabo [◊]
HERBICIDAS	2,4D	Banana [®] , cacau [®] , café, jaboticaba [®] , milho
	Glifosato-sal de isopropilamina	Banana, cacau, café, jaboticaba [®] , milho
	Paraquat	Café, Inhame [®] e Milho

* inseticida não autorizado para as respectivas culturas; [◊] fungicida não autorizado para as respectivas culturas; [®] herbicida não autorizado para as respectivas culturas.

Dos 11 inseticidas usados pelos agricultores, nove não são autorizados para uso em algumas culturas. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária-ANVISA, os ingredientes ativos deltametrina e tiametoxam não são liberados para o cultivo de jiló e quiabo. Não é recomendado o uso de endossulfam na cultura do mamão, e metomil na cultura do quiabo e de abamectina para o cultivo do jiló, pimenta e quiabo. Encontram-se nesta situação também o uso do acetamiprido, beta-ciflutrina, espiromesifeno e lambda-cialotrina no cultivo do jiló (ANVISA, 2010).

Com relação aos fungicidas os ingredientes ativos tebuconazol e tiofanato-metílico não são autorizados para o cultivo de quiabo. Mancozeb e cimoxanil+mancozeb não são autorizados para a cultura do jiló e este último também não autorizado para cultivo de berinjela. O herbicida 2,4-D está sendo aplicado nas culturas da banana, jaboticaba e do cacau no qual o uso não é autorizado. Da mesma forma o uso de glifosato (sal de isopropilamina) na cultura da jaboticaba e de paraquat na cultura do inhame, ambos, não liberados para o cultivo de tais culturas (ANVISA, 2010).

5.1.3.1 Seleção dos agrotóxicos monitorados

A partir do levantamento dos tipos de agrotóxicos utilizados na área de estudo e das entrevistas realizadas com o INCAPER- Itarana os compostos carbofurano, flutriafol, paraquat, glifosato e seu metabólico AMPA, foram escolhidos para serem investigados nas amostras de água subterrânea dos poços monitorados e nas amostras de água superficial.

5.2 ETAPA 3

Para a determinação do potencial de contaminação das águas subterrâneas e superficiais por agrotóxicos, aplicados nas 13 propriedades estudadas, foram utilizadas as propriedades físicas e químicas dos princípios ativos. As propriedades físico-químicas estão apresentadas no APÊNDICE F.

5.2.1 Potencial de contaminação de águas subterrâneas pelos agrotóxicos mais utilizados nas propriedades estudadas

Os dados obtidos em relação aos parâmetros utilizados pelo método de GUS fornecem o potencial de lixiviação dos princípios ativos dos agrotóxicos no ambiente, e também tendência retirar o potencial de risco de contaminação para água subterrânea (GASPAR et al., 2005).

O índice de GUS, disposto na Tabela 13 -, foi calculado a partir da equação descrita no item 3.5.6.1. Os índices foram calculados para o menor e maior valor e média de todos os valores encontrados de DT_{50} e de K_{OC} a fim de avaliar as diferenças no comportamento do agrotóxico, como pode ser verificado no caso do 2,4D e no metomil. Conforme enfatizado por Brito et al., (2001), o índice GUS avalia o potencial de determinado composto ser lixiviado, atingindo águas subterrâneas, por meio das propriedades do próprio princípio ativo, desconsiderando as propriedades do solo.

Para as três situações estudadas utilizando o índice de GUS, os princípios ativos com maior potencial de lixiviação foram beta-ciflutrina, carbofurano, ciproconazol, flutriafol e tiametoxam (0. O 2,4D e o metomil, com exceção do 2,4D (K_{OC} 20, DT_{50} 10) e metomil (K_{OC} 25,2, DT_{50} 6,97) que estão na faixa de transição à lixiviação, são também considerados como princípios ativos de alto potencial de lixiviação.

Segundo COHEN et al. (1995) os compostos classificados na faixa de transição e de lixiviação provável, de acordo com o índice de GUS, requerem investigação adicional

mediante métodos mais detalhados. Enquanto os princípios ativos classificados como improváveis para sofrerem lixiviação podem ser considerados como não contaminantes de águas subterrâneas por transporte. Acatando-se a afirmação de COHEN et al. (1995) pode-se dizer que o tebuconazol apresenta-se classificado como zona de transição para as três situações estudadas.

Pode-se verificar que a maioria dos princípios ativos avaliados pelo índice de GUS não apresentaram potencial de lixiviação. De um total de 19 moléculas, 11 foram classificadas como potencialmente nulas em todas as situações estudadas, são elas: abamectina, acetamiprido, cimoxanil, deltametrina, endossulfam, espiromesifeno, glifosato, lambda-cialotrina, mancozeb, tiofanato-metílico e paraquat. Neste caso, a adsorção as partículas do solo (K_{OC}) é elevada justificando o resultado encontrado.

Tabela 13 - Potencial de lixiviação dos agrotóxicos utilizados nas 13 propriedades estudadas na bacia do Córrego Sossego, de acordo com Índice de GUS. (continua)

Ingrediente Ativo	K_{OC} ($mL\ g^{-1}$)	DT ₅₀ Solo (dias)	Índice de GUS	
2,4 D	20	10	2,69	T
2,4 D	56	34	3,44	L
2,4 D	32,4	15,6	2,97	L
ABAMECTINA	5000	14	0,34	NL
ABAMECTINA	5638	60	0,44	NL
ABAMECTINA	5159,5	32	0,43	NL
ACETAMIPRIDO	107	2,6	0,81	NL
ACETAMIPRIDO	343	10	1,46	NL
ACETAMIPRIDO	225	4,65	1,09	NL
BETA-CIFLUTRINA	0,0012	13	7,70	L
BETA-CIFLUTRINA	0,0012	27,8	9,99	L
BETA-CIFLUTRINA	0,0012	18	8,68	L
CARBOFURANO	22	12,8	2,94	L
CARBOFURANO	25	120	5,41	L
CARBOFURANO	23,07	45,98	4,38	L
CIMOXANIL	43,6	0,7	-0,36	NL
CIMOXANIL	43,6	3,5	1,28	NL
CIMOXANIL	43,6	1,87	0,64	NL
CIPROCONAZOL	309	129	3,18	L
CIPROCONAZOL	309	142	3,25	L
CIPROCONAZOL	309	137,7	3,22	L
DELTAMETRINA	10.240.000	7	-2,54	NL
DELTAMETRINA	10.240.000	26	-4,25	NL
DELTAMETRINA	10.240.000	16,2	-3,64	NL
ENDOSSULFAM	11.500	27	-0,08	NL

Tabela 13 - Potencial de lixiviação dos agrotóxicos utilizados nas 13 propriedades estudadas na bacia do Córrego Sossego, de acordo com Índice de GUS. (conclusão)

Ingrediente Ativo	K _{OC} (mL g ⁻¹)	DT ₅₀ Solo (dias)	Índice de GUS	
ENDOSSULFAM	12.400	86	-0,18	NL
ENDOSSULFAM	12.175	50,33	-0,14	NL
ESPIROMESIFENO	30.900	23	-0,66	NL
ESPIROMESIFENO	30.900	23,5	-0,67	NL
ESPIROMESIFENO	30.900	23,25	-0,66	NL
FLUTRIAFOL	205	365	4,32	L
FLUTRIAFOL	255	1587	5,09	L
FLUTRIAFOL	230	1042,5	4,94	L
GLIFOSATO	6.920	12	0,17	NL
GLIFOSATO	24.000	100	-0,76	NL
GLIFOSATO	19154,75	47,88	-0,47	NL
LAMBDA-CIALOTRINA	157.000	25	-1,67	NL
LAMBDA-CIALOTRINA	180.000	65	-2,27	NL
LAMBDA-CIALOTRINA	172.333,3	35	-1,90	NL
MANCOZEB	998	0,1	-1,00	NL
MANCOZEB	6.000	70	0,40	NL
MANCOZEB	2.749,50	14,03	0,64	NL
METOMIL	25,2	6,97	2,19	T
METOMIL	72	46	3,56	L
METOMIL	53,05	20,8	2,99	L
TIAMETOXAM	64	39	3,49	L
TIAMETOXAM	70	229	5,08	L
TIAMETOXAM	67	109,75	4,43	L
TIOFANATO-METÍLICO	207	0,6	-0,37	NL
TIOFANATO-METÍLICO	1.830	10	0,73	NL
TIOFANATO-METÍLICO	754	3,44	0,60	NL
TEBUCONAZOL	769,0	55,8	1,94	T
TEBUCONAZOL	1.000	597	2,77	T
TEBUCONAZOL	884,50	270	2,56	T
PARAQUAT	1.000.000	620	-5,58	NL
PARAQUAT	1.000.000	5.000	-7,39	NL
PARAQUAT	1.000.000	2.237	-6,69	NL

DT₅₀: meia vida do solo; K_{OC}: coeficiente de adsorção à matéria orgânica; L: Provável lixiviação; T: Faixa de transição; NL: Não sofre lixiviação.

Ao utilizar o índice GUS, Cabrera, Costa e Primel (2008) estudando a estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS, concluíram que o carbofurano pode ser considerado contaminante em potencial, sendo classificados por este método como de potencial lixiviação, já o herbicida 2,4D apresentou uma tendência à lixiviação conforme este mesmo método. Segundo a classificação adotada, o carbofurano encontra-se entre os agrotóxicos com potencial de lixiviação e o 2,4D entre os agrotóxicos de zona de transição (S 890, K_{OC} 20, K_H $1,3 \times 10^{-5}$; DT_{50} 10) e de potencial de lixiviação (S 27.600 e 15.150, K_{OC} 56 e 32,4, K_H $1,3 \times 10^{-5}$; DT_{50} 34 e 15,6).

Apesar da ocorrência de glifosato em água subterrânea ter sido referida por Hallberg (1989, apud AMARANTE JR. et al., 2002; QUEIROZ et al., 2011), no estado do Texas, EUA, o glifosato é considerado como herbicida que não sofre lixiviação tanto por Brito et al. (2001) como por Armas et al. (2005) quando utilizado o índice GUS. Estes dados corroboram com os encontrados na avaliação (Tabela 13 -).

5.2.2 Potencial de contaminação de águas superficiais pelos agrotóxicos mais utilizados nas propriedades estudadas

De acordo com o Método de Goss, usado para avaliar o potencial de contaminação de águas superficiais são classificados em dois grupos: aqueles que podem ser transportados dissolvidos em água e aqueles que podem ser transportados associados ao sedimento (FERRACINI et al.; 2001). Levando em consideração a meia-vida do princípio ativo no solo (DT_{50} solo), o coeficiente de adsorção à matéria orgânica do solo (K_{OC}) e a solubilidade em água (S), os princípios ativos foram classificados em alto, médio e baixo potencial de transporte associado ao sedimento ou dissolvido em água. Os resultados do potencial de contaminação das águas superficiais, de acordo com o Método de GOSS aplicado são apresentados na Tabela 14 -.

Os agrotóxicos que apresentaram alto potencial de transporte dissolvido em água, potencial risco para contaminar as águas subterrâneas, foram: carbofurano, ciproconazol, flutriafol, tiametoxam. Enquanto, endossulfan, lambda-cialotrina e

paraquat apresentaram alto potencial de transporte associado ao sedimento e, portanto potencial risco de contaminação de água superficial. Já abamectina, glifosato, mancozeb e o tebuconazol apresentaram potencial de transporte tanto dissolvido em água quanto associado ao sedimento, indicando potencial risco tanto para água subterrânea quanto superficial.

Os agrotóxicos que apresentaram baixo potencial de risco de contaminação de águas superficiais quando avaliado potencial de transporte ao sedimento foram: 2,4 D, acetamiprido e cimoxanil. Beta-ciflutrina, deltametrina, espiromesifeno, lambda-cialotrina e o paraquat apresentaram baixo potencial de transporte dissolvido em água.

Os agrotóxicos que apresentaram médio potencial de transporte dissolvidos em água foram: 2,4D, acetamiprido, cimoxanil, endossulfam e o tiofanato-metílico e os agrotóxicos que apresentaram médio potencial de transporte associado ao sedimento foram: beta-ciflutrina, carbofurano, ciproconazol, deltametrina, espiromesifeno, flutriafol, metomil, tiametoxam e o tiofanato-metílico.

Tabela 14 - Potencial de contaminação dos agrotóxicos utilizados nas 13 propriedades estudadas na bacia do Córrego Sossego, de acordo com Critério de Goss. (continua)

Ingrediente Ativo	S (mg L ⁻¹)	K _{oc} (mL g ⁻¹)	DT ₅₀ Solo dias	CRITÉRIOS DE GOSS	
				Associado. a Sedimento	Dissolvido. em Água
2,4 D	890	20	10	Baixo	Médio
2,4 D	27600	56	34	Baixo	Médio
2,4 D	15150	32,4	15,6	Baixo	Médio
ABAMECTINA	0,01	5000	14	Médio	Baixo
ABAMECTINA	5	5638	60	Alto	Alto
ABAMECTINA	2,07	5159,5	32	Médio	Médio
ACETAMIPRIDO	2.950	107	2,6	Baixo	Médio
ACETAMIPRIDO	4.200	343	10	Baixo	Médio
ACETAMIPRIDO	3440	225	4,65	Baixo	Médio
BETA-CIFLUTRINA	0,003	0,0012	13	Médio	Baixo
BETA-CIFLUTRINA	0,0012	0,0012	27,8	Médio	Baixo
BETA-CIFLUTRINA	0,0018	0,0012	18	Médio	Baixo
CARBOFURANO	320	22	12,8	Baixo	Médio
CARBOFURANO	700	25	120	Médio	Alto
CARBOFURANO	470,5	23,07	45,98	Médio	Alto
CIMOXANIL	780	43,6	0,7	Baixo	Médio
CIMOXANIL	890	43,6	3,5	Baixo	Médio
CIMOXANIL	816,67	43,6	1,87	Baixo	Médio
CIPROCONAZOL	93	309	129	Médio	Alto
CIPROCONAZOL	140	309	142	Médio	Alto
CIPROCONAZOL	124,33	309	137, 67	Médio	Alto
DELTAMETRINA	0,0002	10.240.000	7	Médio	Baixo
DELTAMETRINA	0,002	10.240.000	26	Médio	Baixo
DELTAMETRINA	0,0014	10.240.000	16,2	Médio	Baixo
ENDOSSULFAM	0,32	11.500	27	Médio	Baixo
ENDOSSULFAM	0,32	12.400	86	Alto	Médio
ENDOSSULFAM	0,32	12.175	50,33	Alto	Médio
ESPIROMESIFENO	0,13	30.900	23	Médio	Baixo
ESPIROMESIFENO	0,13	30.900	23,5	Médio	Baixo
ESPIROMESIFENO	0,13	30.900	23,25	Médio	Baixo

Tabela 14 - Potencial de contaminação dos agrotóxicos utilizados nas 13 propriedades estudadas na bacia do Córrego Sossego, de acordo com Critério de Goss. (conclusão)

Ingrediente Ativo	S (mg L ⁻¹)	K _{OC} (mL g ⁻¹)	DT ₅₀ Solo dias	CRITÉRIOS DE GOSS	
				Associado a Sedimento	Dissolvido em Água
FLUTRIAFOL	95,0	205	365	Médio	Alto
FLUTRIAFOL	130,0	255	1587	Médio	Alto
FLUTRIAFOL	109,67	230	1042,5	Médio	Alto
GLIFOSATO	10.500	6.920	12	Médio	Médio
GLIFOSATO	900.000	24.000	100	Alto	Alto
GLIFOSATO	122575	19154,75	47,88	Alto	Alto
LAMBDA-CIALOTRINA	0,000853	157.000	25	Médio	Baixo
LAMBDA-CIALOTRINA	0,005	180.000	65	Alto	Baixo
LAMBDA-CIALOTRINA	0,0042	172.333,30	35	Médio	Baixo
MANCOZEB	6	998	0,1	Baixo	Médio
MANCOZEB	20	6.000 ⁽⁴⁾	70	Alto	Alto
MANCOZEB	8,43	2.749,50	14,03	Médio	Médio
METOMIL	54.000	25,2	6,97	Baixo	Médio
METOMIL	58.000	72	46	Médio	Alto
METOMIL	56.816,67	53,05	20,8	Baixo	Médio
TIAMETOXAM	4.100	64	39	Baixo	Alto
TIAMETOXAM	4.100	70	229	Médio	Alto
TIAMETOXAM	4.100	67	109,75	Médio	Alto
TIOFANATO-METÍLICO	3,5	207	0,6	Baixo	Médio
TIOFANATO-METÍLICO	26,6	1.830	10	Médio	Médio
TIOFANATO-METÍLICO	19,02	754	3,44	Baixo	Médio
TEBUCONAZOL	32,0	769,0	55,8	Médio	Alto
TEBUCONAZOL	38	1.000	597	Alto	Alto
TEBUCONAZOL	35,50	884,50	270	Médio	Alto
PARAQUAT	620.000	1.000.000	620	Alto	Baixo
PARAQUAT	700.000	1.000.000	5.000	Alto	Baixo
PARAQUAT	660.750	1.000.000	2.237	Alto	Baixo

DT₅₀: meia vida do solo; K_{OC}: coeficiente de adsorção à matéria orgânica; S: solubilidade em água.

Em estudo realizado por Dores e De-Lamonica-Freire (2001), que utilizaram o índice de GUS e o método GOSS, afirmam que os princípios ativos lambda-cialotrina, metomil, mancozeb e glifosato indicam alto potencial de ser transportado dissolvido em água. Ressalta-se que esta classificação para lambda-cialotrina, são divergentes com aquelas estabelecidas neste trabalho.

Ferracini et al. (2001), encontraram paraquat e tebuconazol dentre os produtos com alto potencial de transporte associado ao sedimento. Estes dados concordam com o presente trabalho.

É importante enfatizar que o uso e aplicação destes índices e critérios, uma vez que os valores das propriedades físicas e químicas dos agrotóxicos não foram determinados para as condições reais da área estudada, resulta numa prospectiva. A análise dos métodos usados permitiu, entretanto, realizar uma avaliação preliminar do potencial de risco de contaminação dos recursos hídricos por agrotóxicos efetivamente usados na bacia do Córrego Sossego, indicando quais ingredientes ativos devem ser selecionados e priorizados em programas de monitoramento ambiental fornecendo subsídios para ações de políticas públicas.

5.3 ETAPA 4

5.3.1 Avaliação das condições ambientais, sanitárias e agronômicas dos 4 pontos definidos para estudo, com base em informações de campo

Os pontos de monitoramento selecionados para o estudo, considerando a divisão por organização das comunidades, localizam-se em diferentes locais da bacia do Sossego, a saber:

- Ponto 1: Sub-bacia do Bananal, comunidade Bananal;
- Ponto 2: Sub-bacia do Alto Sossego, comunidade Loriatto;
- Ponto 3: Sub-bacia do Baixo Sossego, comunidade Baixo Sossego;
- Ponto 4: Sub-bacia Baixo Sossego, comunidade Boa Vista/Barra do Sossego.

Desta forma pôde-se considerar a contribuição dos afluentes na bacia do Sossego.

5.3.1.1 Características da área 1 e dos pontos de coleta

A área 1 estudada neste trabalho faz parte da comunidade Bananal e pertence à Sub-bacia do Bananal. O córrego que corta esta propriedade é o Córrego Bananal que é afluente do Córrego Sossego, curso d'água principal da bacia em estudo.

A propriedade fica situada à margem esquerda do córrego como apresentado na Figura 17 . Esta propriedade e uma parte da plantação de café estão situadas numa área de relevo suave ondulado (declividade 3-8%) a ondulado (declividade 8-20%). As áreas onde há plantações de milho, quiabo e café que estão localizados à margem direita do córrego, ocorrem em relevo forte ondulado (declividade 20-45%) a montanhoso (declividade 45-75%). Esta área está situada em solos da classe Argissolo Vermelho Amarelo que de uma maneira geral, são solos muito suscetíveis à erosão, sobretudo onde a topografia é mais movimentada e com declives muito fortes (relevo forte ondulado e montanhoso) (Anexo I e II).

A propriedade fica situada à margem esquerda do córrego (Figura 17). Esta propriedade e uma parte da plantação de café estão situadas numa área de relevo suave ondulado (declividade 3-8%) a ondulado (declividade 8-20%).

5.3.1.1.1. Condições sanitárias

O esgoto doméstico da área 1 é ligado diretamente a um sumidouro - poço escavado no solo, destinado à depuração e disposição final do esgoto. As dimensões do sumidouro, conforme informações dadas pelo agricultor são apresentadas no Apêndice A. Este sumidouro foi construído a uma distância de 15 metros do poço de captação de água usado para consumo humano e a 34 metros do Córrego Bananal. Pela Norma - NBR 7229/1993 a construção de fossas e sumidouros devem obedecer a uma distância mínima de 15,0 m de poços freáticos e de corpos de água de qualquer natureza. Tem sido recomendados, como margem de segurança à contaminação, um afastamento de 15 a 30 metros entre sumidouros e/ou valas de infiltração e poços artesianos e corpos d'águas superficiais (MOTA, 1995).



Figura 17 Localização área 1- pontos de coleta.

Fonte: Adaptado do Google Earth.

O poço foi construído a uma cota mais alta que os focos de contaminação (sumidouro, chiqueiro) presentes na área 1 (Figura 17). Porém a distância mínima de 45 metros, usada como medida de segurança, entre o poço e o chiqueiro não foi respeitada. Verificou-se que a distância do poço ao chiqueiro era de aproximadamente 13 metros o que vai contra a distância mínima estabelecida. Tais valores estão apresentados no Apêndice A. O poço monitorado é do tipo tubular raso, revestido com tubo de PVC, de profundidade aproximada de 7 metros cuja captação de água é feita por bomba elétrica. Como forma de proteção à contaminação o poço é coberto por garrafa pet e protegido por um telhado (Apêndice D).

5.3.1.1.2. Uso da água na propriedade

Os principais usos da água nesta propriedade estão relacionados à irrigação de culturas (café, milho e quiabo) e algumas frutíferas (banana, cacau e jaboticaba) e ao abastecimento doméstico. A água utilizada na irrigação, segundo relatado pelo agricultor, é proveniente de “tanques/poços” de armazenamento de água de nascente sendo que só em situações extremas

faz uso da captação direta do Córrego Bananal, conduzidas por meio de bombas. Os usos da água desta propriedade e das demais são apresentadas no Apêndice B.

5.3.1.1.3. Condições agronômicas

As principais culturas produzidas nesta propriedade são: café (3ha), milho (1ha), quiabo (1ha) além da produção em menor quantidade de banana, cacau e jaboticaba. Por serem o milho e o quiabo culturas anuais o produtor utiliza do sistema de rotação de culturas que consiste em alternar, anualmente, espécies vegetais, numa mesma área agrícola.

O sistema de irrigação utilizado na cultura do café é o microjet, que são sistemas de irrigação localizados, considerados mais eficientes e com menor consumo de água. Para a cultura do milho e quiabo é utilizado o sistema de aspersão por canhão que é um sistema que consome muita água e o que mais sofre efeitos do vento e da evaporação. Para as demais culturas não se utiliza nenhum sistema de irrigação (Apêndice C).

A partir das entrevistas foi possível levantar os agrotóxicos utilizados nesta propriedade, ao todo, foram listados oito tipos diferentes de produtos. Para a cultura de café é usado o herbicida glifosato, os fungicidas tebuconazol e flutriafol e o inseticida abamectina. Na cultura do milho é aplicado apenas o herbicida paraquat e no quiabo é usado os inseticidas metomil e abamectina e os fungicidas tiofanato-metílico e tebuconazol. Para as demais culturas como a banana, cacau, jaboticaba e café que se localizam no sentido de jusante e próxima ao córrego, são aplicados os herbicidas 2,4D e glifosato utilizados no combate as plantas daninhas presentes na área (Apêndice C). O agricultor tem acesso aos agrotóxicos a partir de um representante, de outra cidade, que vai até a sua propriedade. Antigamente, o acesso era por meio de lojas agrícolas localizadas na cidade de Itarana. Segundo o produtor o representante leva um técnico agrícola para dar orientações quanto à utilização do produto.

5.3.1.1.4. Condições ambientais e uso de agrotóxicos

Um dos problemas relatados pelo agricultor é referente à falta de água em sua propriedade, principalmente em época de seca. Este problema foi verificado durante o período de monitoramento e coleta de água. No mês de agosto o córrego se encontrava com pouca água e em setembro o rio estava seco tornando-se impossível a coleta de água e medição dos parâmetros (Figura 18). Segundo o produtor, os agricultores localizados acima de sua propriedade têm o costume de represar a água do córrego, para uso na irrigação, diminuindo desta forma a disponibilidade e quantidade de água à jusante inclusive a água presente em sua propriedade.

De acordo com o estudo de potencial de contaminação e considerando os agrotóxicos que são aplicados nas culturas desta área de estudo, pode-se esperar a presença dos agrotóxicos abamectina e tiofanato metílico nos mananciais superficiais e nos mananciais subterrâneos e superficiais os seguintes agrotóxicos: 2.4D, tebuconazol, flutriafol, glifosato, paraquat e metomil.



Figura 18 Área 1: rio com pouca água em agosto de 2010 (a) e rio seco em setembro de 2010 (b).

5.3.1.2 Características da área 2 e dos pontos de coleta

A segunda área monitorada pertence à Sub-bacia do Alto Sossego, comunidade Lorriato. O córrego que passa por esta área é chamado de Córrego Sossego.

A propriedade presente na área de estudo está localizada à margem esquerda do córrego conforme apresentado na Figura 19 . Esta propriedade e as plantações cultivadas estão situadas numa área de relevo ondulado (declividade 8-20%) a forte ondulado (declividade 20-45%) estando presentes em solos da classe Argissolo Vermelho (Anexo I e II).

5.3.1.2.1. Condições Sanitárias

Segundo o proprietário a água residuária de atividade higiênica é destinada diretamente ao sumidouro já a água de limpeza é direcionada ao córrego. O proprietário não soube dar informações certas sobre as dimensões do sumidouro (Apêndice A). O sumidouro foi construído à uma distância de 37,5 metros do poço de captação de água usado para consumo humano e a 25 metros do Córrego Sossego estando dentro da margem de segurança estabelecida pela norma de 15 a 30 metros tanto do poço quanto do manancial superficial (APÊNDICE A).

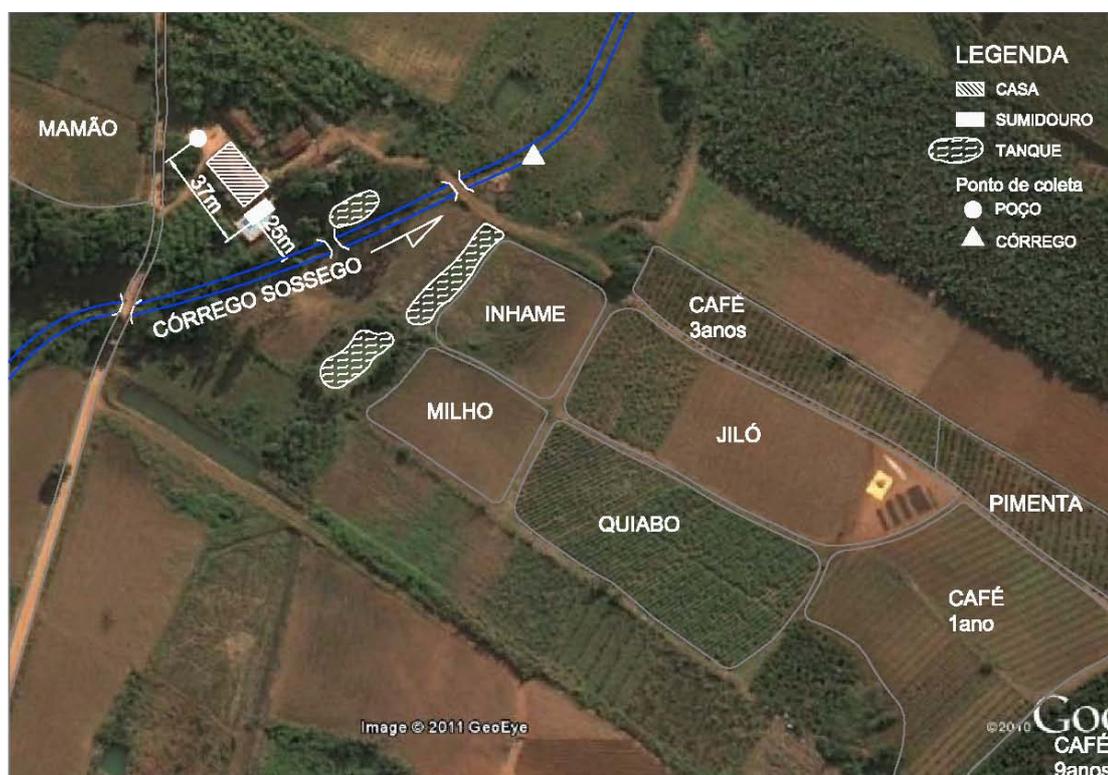


Figura 19 Localização área 2- pontos de coleta.

Fonte: Adaptado do Google Earth.

O poço na área 2 do tipo tubular raso está localizado em cota acima da casa a uma distância de aproximadamente 37,5 metros do sumidouro e a 62,5m do córrego Sossego. Próximo ao local onde se encontra o poço utilizado para consumo, e num nível acima deste, há uma plantação de mamão. Foi verificado em campo que a distância do poço à plantação de mamão era de aproximadamente 15 metros (Apêndice A). Como forma de proteção do poço, contra animais ou outro tipo de contaminação, o proprietário utiliza-se de lona plástica amarrada por um arame (Apêndice D).

5.3.1.2.2. Uso da água na propriedade

A água usada para consumo humano é proveniente de poço raso de aproximadamente 6 metros de profundidade. Quanto à irrigação o proprietário utiliza de dois “tanques/poços” de água. A água de um tanque é proveniente das nascentes dos vizinhos e o outro é proveniente da captação de água do córrego (Apêndice B).

5.3.1.2.3. Condições Agronômicas

As principais culturas produzidas nesta propriedade são: Café (que o produtor denomina de café de 1 ano, 3 anos e 9 anos) e pimenta (culturas perenes), inhame, jiló, milho, e quiabo (culturas anuais) (Apêndice C). Sobre a área plantada de cada cultura cultivada o agricultor não soube informar. Os sistemas de irrigação adotados pelo agricultor variam de acordo com as diferentes culturas cultivadas na propriedade. Na cultura da pimenta e no café de 1 e 3 anos é usado o sistema de microaspersão, um sistema de irrigação que se adapta a diversas culturas e que possui menor consumo de água e energia. Para a cultura do quiabo e jiló o sistema adotado é o microjet e nas culturas do inhame, milho e no café de 9 anos é utilizado o sistema de aspersão por canhão.

Quanto aos agrotóxicos utilizados nesta propriedade foram levantados 13 tipos diferentes de princípios ativos. Na cultura de café (1, 3 e 9 anos) é utilizado os herbicidas 2,4D, glifosato e paraquat e o fungicida flutriafol. No quiabo são aplicados os inseticidas deltametrina e metomil. O herbicida paraquat é usado na cultura do inhame e abamectina

(acaricida/inseticida/nematicida) na cultura da pimenta. Já o jiló o agricultor faz uso dos seguintes agrotóxicos: deltametrina, beta-ciflutrina, lambda-cialotrina, tiametoxam, acetamiprido, mancozebe, espiromesifeno e abamectina.

O agricultor tem acesso aos agrotóxicos a partir de lojas especializadas na própria cidade de Itarana/ES cuja orientação técnica é fornecida por um agrônomo da loja. O agricultor também informou que as embalagens vazias de agrotóxicos são destinadas à Central de Recebimento de Embalagem Agrotóxica Tríplice Lavada, sendo esta a única existente no Estado.

5.3.1.2.4. Condições Ambientais e uso de agrotóxico

De acordo com o estudo de potencial de transporte de princípio ativo, para análise do risco potencial de contaminação, e considerando as culturas, priorizam-se para estudos locais em água os seguintes agrotóxicos: 2.4D, acetamiprido, tiametoxam, beta-ciflutrina, flutriafol, metomil e paraquat nos mananciais superficiais e subterrâneos; Abamectina, deltametrina, lambda-cialotrina, mancozebe, espiromezifeno em mananciais superficiais.

5.3.1.3 Características da área 3 e dos pontos de coleta

A área 3 pertence à Sub-bacia do Baixo Sossego na comunidade Baixo Sossego. O córrego que passa por esta propriedade é o Sossego. Tanto a área de cultivo quanto à propriedade estão localizados à margem esquerda do córrego, em uma área de relevo que varia de plano (0-3%) a forte ondulado (20-45%) situados em solos da classe Argissolo Vermelho Amarelo como na propriedade 1 (Anexo I e II). A localização das culturas, do poço artesiano, do sumidouro está representada na Figura 20 .



Figura 20 Localização área 3- pontos de coleta.

Fonte: Adaptado do Google Earth.

5.3.1.3.1. Condições Sanitárias

O esgoto doméstico desta propriedade é ligado diretamente a um sumidouro. O sumidouro desta propriedade foi construído a 25 metros do poço usado para consumo. Mesmo sendo construído próximo ao banheiro e a uma distância do poço relativamente próxima à margem de segurança de 15 a 30 metros, este sumidouro está localizado em cota mais alta em relação ao poço, podendo desta forma ocorrer possíveis contaminações. Quanto à distância do sumidouro ao córrego este se encontra à aproximadamente 145 metros, uma distância considera grande em relação à margem de segurança de 15 à 30m (Apêndice A). O poço é do tipo tubular raso de profundidade aproximada de 5 metros protegido por uma sacola plástica.

5.3.1.3.2. Uso da água na propriedade

A origem da água utilizada para uso doméstico provém de poço raso de profundidade aproximada de 5 metros. Diferentemente da maioria dos produtores desta região do Baixo

Sossego este produtor não utiliza água do córrego para irrigação. A água utilizada na irrigação é proveniente de “tanque/poço” de armazenamento de água de nascente (Apêndice B). Esta água é captada por meio de bombas para irrigar as culturas de café e banana produzidas na propriedade. Este “tanques/poço” também é utilizado para cultivo de peixes.

5.3.1.3.3. Condições Agronômicas

As principais culturas produzidas nesta propriedade são: Café (1,65 ha) e banana (1,26 ha). O sistema de irrigação utilizado nas culturas é o sistema de irrigação localizado sendo que na cultura do café é utilizado micro spray e na cultura da banana microaspersão (Figura 21).



Figura 21 Sistema de irrigação usado nas culturas de banana e café da área 3. Destaque (setas em vermelho) para os sistemas utilizados.

Nesta propriedade são utilizados apenas 3 agrotóxicos: o inseticida carbofurano, o fungicida flutriafol e o herbicida glifosato (Apêndice C). Na plantação de café, de acordo com informações do produtor, a aplicação do glifosato é via terrestre com objetivo de eliminar as plantas daninhas presentes na área. Também, usado na plantação de café, o flutriafol é aplicado uma vez ao ano, via solo e em período de chuva.

O flutriafol e o carbofurano são usados na cultura da banana. O agricultor informou que a aplicação do flutriafol na plantação de banana é localizada, via axila da folha, no período de 6

em 6 meses. Já o carbofurano é usado em duas situações como medida de controle da broca-da-bananeira:

- na implantação da cultura: o produtor coloca a muda da banana em uma cova e aplica sobre ela uma solução de carbofurano na proporção de 90 mL/20L de água com uso de bomba costal;
- no bananal em condução: o monitoramento e controle da praga se dá através de iscas onde o agricultor faz um corte transversal sobre o pseudocaule da planta e aplica o produto.

5.3.1.3.4. Condições Ambientais e uso de agrotóxico

Dois problemas foram relatados pelo agricultor desta propriedade: um com relação a qualidade da água do poço raso usada para consumo e outro referente à água do córrego. Segundo relatos do proprietário e sua família, em época de seca, a água proveniente do poço apresentava-se com gosto e odor diferente o que fez com que os mesmos deixassem de consumi-la utilizando-a somente para lavar utensílios, roupas e para banho. Referente a água do córrego, o problema enfrentado por eles é a escassez de água principalmente na época da seca, como acontece na propriedade 1 estudada. Em estudo realizado por Girardi; Quarentei (2008) foi verificado que a utilização da água do córrego pelos agricultores da região da bacia do Sossego se faz a partir da captação da água diretamente do córrego o que vem confirmar o possível problema da escassez de água nesta área estudada.

De acordo com o estudo do potencial de transporte do princípio ativo, para análise do potencial de risco de contaminação, e considerando as culturas priorizam-se para monitoramento local de água superficial e subterrânea os seguintes agrotóxicos: glifosato, flutriafol e carbofurano.

5.3.1.4 Características da área 4

Este ponto, denominado de área 4, recebe a contribuição dos afluentes de todas as sub-bacia do Córrego Sossego (Figura 22). Este ponto está situado em área de relevo ondulado (8-20%)

situado em solos da classe dos neossolos (APÊNDICE I e II). Em campo, foi verificado que nas proximidades do respectivo ponto de coleta predominavam a cultura de café.

O maior problema observado durante a coleta e medição de vazão neste ponto foi à escassez de água principalmente nos meses de seca. Durante o período de monitoramento houve meses em que o córrego se encontrava completamente sem água e outros em que a água do manancial superficial estava parada impossibilitando desta forma a medição da vazão. Verificou-se em campo que a vazão de água neste ponto era baixa, pois a montante desta havia muitas propriedades que represavam a água do córrego para ser usada na irrigação das suas culturas prejudicando desta forma na quantidade de água a jusante.



Figura 22 localização área 4 – ponto de coleta
Fonte: Adaptado do Google Earth.

5.4 ETAPA 5

5.4.1 Monitoramento da qualidade da água do manancial superficial

A caracterização dos pontos de coleta do manancial superficial referente às sub-bacias onde estão inseridos é mostrada, resumidamente, na Tabela 15 -.

Tabela 15 - Tabela resumo das principais características das sub-bacias da bacia Hidrográfica do Córrego Sossego- ES.

Descrição	P1	P2	P3	P4
	(Sub-bacia Bananal)	(Sub-bacia Alto Sossego)	(Sub-bacia Baixo Sossego)	
Coordenadas UTM	298098/7794521	299093/7794177	301391/7799112	302401/7804026
Declividade média	Forte ondulado a montanhoso	Forte ondulado a montanhoso	Plano a forte ondulado	
Tipo de solo predominante	Argissolo vermelho amarelo	Argissolo vermelho	Argissolo vermelho amarelo	Neossolo fluvico
Atividades predominantes	Café/ culturas temporárias	Pastagem/café/ eucalipto	Pastagem/ café	
Cobertura Florestal (%)	39,94	36,15	25,39	
Ocupação	Residência próxima ao ponto de coleta; presença de pocilga	Residencia próxima ao ponto de coleta	Residencia próxima ao ponto de coleta	População presente é significativa

A classe do solo determina sua característica química e sua correlação com o meio ambiente pode influenciar na característica do escoamento superficial da água (Palmieri et al., 1996). Na região de estudo, vide Anexo II, a predominância de argissolo define uma formação pedológica que ocorre em áreas mais declivosas, o que eleva o potencial de perda de solos nessas áreas. Grande parte da bacia em estudo, 60% desta, possui classe de relevo com restrições à agricultura, somando-se as faixas forte ondulado, montanhoso e escarpado áreas as quais possuem declividade acima de ondulado (POLONI, 2010).

É observada uma concentração de cobertura florestal nas sub-bacias do Penedo, Baixo Sossego, Bananal e Alto Sossego. Já as sub-bacias Santa Helena, Boa Vista e Boa Vista/Barra do Sossego apresentam déficit de cobertura florestal (Anexo IV).

As bacias apresentam proteção conforme a atividade predominante e a área que essa representa. Neste sentido, a proteção da sub-bacia Alto Sossego é conferida pela lavoura de café e silvicultura de eucalipto e uma área que se distribui entre mata nativa e pastagens. Por outro lado, temos uma maior proteção na sub-bacia Bananal, pelo predomínio da cobertura

florestal, lavoura permanente de café e cultivos temporários. A sub-bacia baixo Sossego com relação às outras duas sub-bacias apresenta menor proteção com relação à cobertura florestal sendo sua proteção conferida pelo café, fruticultura e pastagens (Anexo III e IV).

Os dados de precipitação pluviométrica no ano de 2010, apresentados na Figura 23, mostraram um período chuvoso de março a maio e depois de novembro a dezembro e um período de seca nos meses de junho a outubro. Estes períodos refletiram nas vazões medidas durante o trabalho e nos valores dos parâmetros de qualidade de água monitorados.

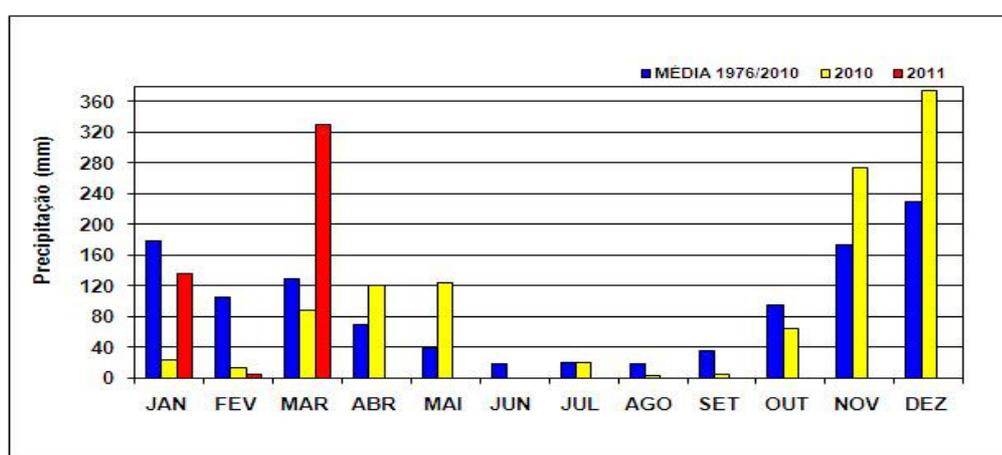


Figura 23 Precipitação Pluviométrica registrada na Estação Meteorológica localizada no Município de Itarana-ES em 2010. Coordenadas: LAT: 19,867s LON: 40,883W ALT: 245m

A vazão apresentou ao longo do período pequenas variações em geral, com exceção nos dias de chuva. Os valores mais baixos em todos os pontos monitorados foram registrados de julho a setembro, período de seca na região. Já os picos aconteceram em dias de eventos chuvosos, com volume muito maior no mês de novembro. Com exceção do ponto 2 os demais pontos se encontraram secos ou com pouca água nos meses de agosto e setembro impossibilitando a medição da vazão. A Figura 24 mostra a distribuição temporal da vazão nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego.

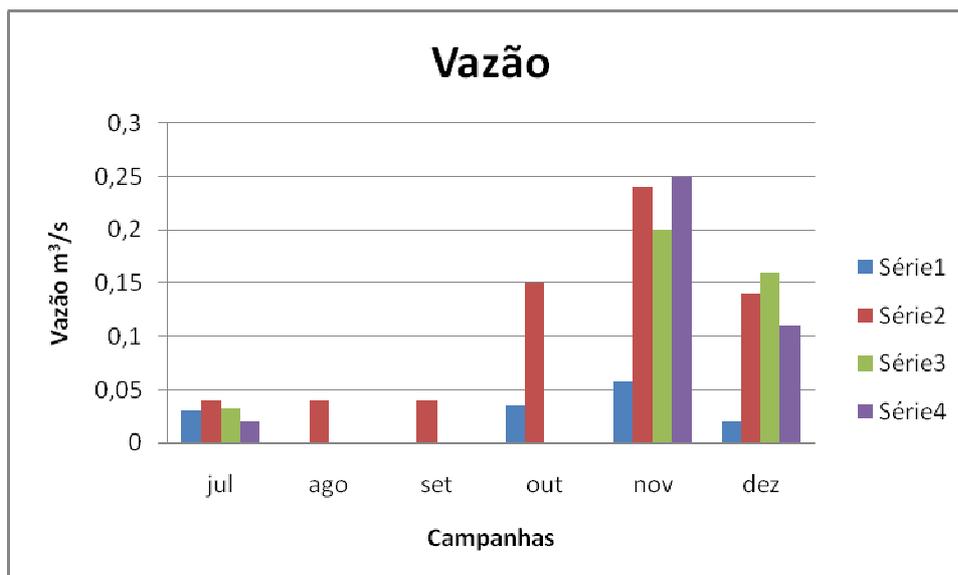


Figura 24 Distribuição temporal da vazão dos pontos monitorados na Bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

Também pode ser observado que no período de seca as saídas de água para a sub-bacia Baixo Sossego referentes aos pontos 3 e 4 foram significativamente reduzidas (Figura 24). Isto ocorreu principalmente no ponto 3 e 4 devido a captação direta da água do córrego e da construção de tanques, onde os agricultores retiram e armazenam a água do manancial superficial para uso na irrigação. No ponto 1 localizado na sub-bacia Bananal em alguns períodos de seca não foi medido a vazão do córrego pois o mesmo apresentava-se sem água. Foi possível perceber em campo que isso ocorreu devido ao represamento da mesma pelos agricultores a montante do ponto monitorado.

5.4.1.1 Nitrito e Nitrito

Durante todas as campanhas, os valores encontrados de nitrito e nitrato mantiveram-se de acordo com os parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA n° 357/2005, para manancial de classe II, que estipula valores máximos de 1 e 10 mg/L, respectivamente.

Lembrando-se que em algumas campanhas não houve medição destes parâmetros, devido à pouca quantidade e/ou ausência de água no córrego, as maiores concentrações de nitrito, que é uma forma intermediária da amônia e do nitrato e está diretamente ligado à poluição orgânica,

ocorreram no período chuvoso nos pontos de monitoramento 1 e 3 conforme mostrado na Figura 24. No período de estiagem foi encontrado apenas no ponto 3 na concentração de 0,02 mg/L (Tabela 16 -).

Tabela 16 - Tabela das concentrações de Nitrato e Nitrito (mg/L) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego- ES.

		Campanhas (2010).							
Pontos monitorados	Parâmetros	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out	Nov.	Dez.
PT1	Nitrito	0,2	ND	ND	ND	x	ND	x	ND
PT2		ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
PT3		ND	ND	0,02	x	x	x	0,02	0,02
PT4		ND	ND	ND	ND	x	x	ND	ND
PT1	Nitrato	0,7	0,7	0,5	0,4	x	0,4	0,5	0,5
PT2		0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4
PT3		0,5	0,6	1,0	x	x	x	0,7	1,1
PT4		0,4	0,3	0,3	0,06	x	x	0,2	0,2

x: Vazão insuficiente; ND: Não detectado.

O ponto 1 e 3 localizados nas sub-bacias Bananal e Baixo Sossego respectivamente apresentaram maiores concentrações de nitrato no período de monitoramento (Tabela 16 -). Por se tratar de uma bacia cuja atividade econômica limita-se à agricultura, a aplicação de fertilizantes e o gasto excessivo de água na irrigação além da exposição do solo devido a pouca cobertura vegetal e pastagens degradadas pode ter contribuído para o carreamento de nitrato, através do escoamento superficial, representando as razões para esse comportamento, principalmente no ponto 3. Os índices de nitrato no ponto 1 também podem estar relacionados à outras fontes de contaminação como a suinocultura, atividade presente em algumas propriedades e localizadas próximas aos córregos, que podem constituir em importantes fontes de nitrogênio.

Estudos citados por por Meissner et al.(1998) mostram que, a agricultura na Alemanha é responsável por mais de 50% do nitrogênio lixiviado para os córregos e rios decorrentes, principalmente do carreamento de terra, poluição difusa, através do escoamento superficial. Para todos os pontos de monitoramento foram encontrados concentrações de nitrato nos meses junho e julho período de seca na região (Figura 26). Como não houve precipitação nos dias anteriores à coleta dos meses mencionados, supõe-se que o aumento na concentração de

nitrato não seja procedente de escoamento superficial. Pelo fato do nitrato ser facilmente lixiviado no solo e levando-se em consideração que em março, abril e maio foram meses de precipitação considerável conforme mostra Figura 23, acredita-se que o íon nitrato possa ter sofrido lixiviação atingindo a água subterrânea e dessa forma, alcançando a manancial superficial. Apesar de não ter sido medido a vazão do rio nos meses de maio e junho acredita-se que a precipitação do mês de março, abril e maio tenha recarregado o lençol freático fazendo com que a vazão do rio aumentasse, mantendo-se durante o mês de julho (Figura 24

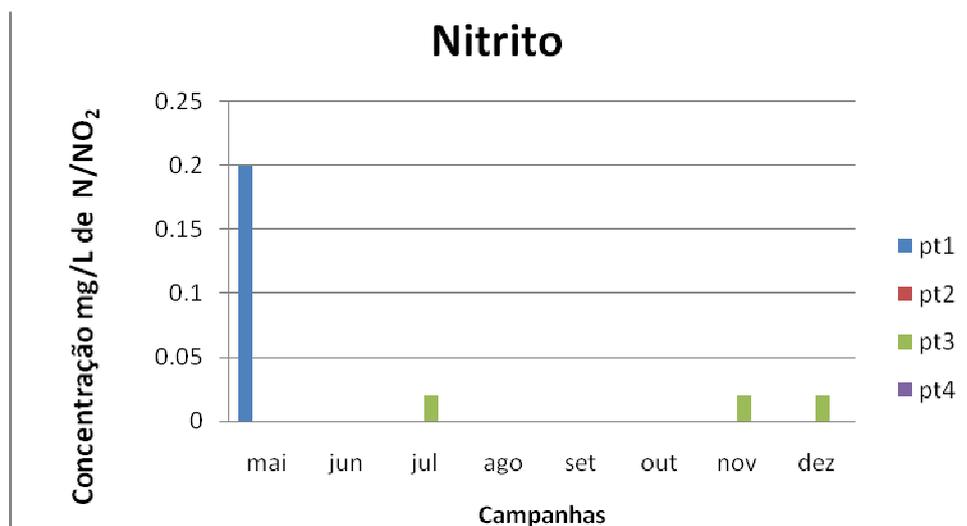


Figura 25 Valores de Nitrito (mg/L de N-NO₂) dos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

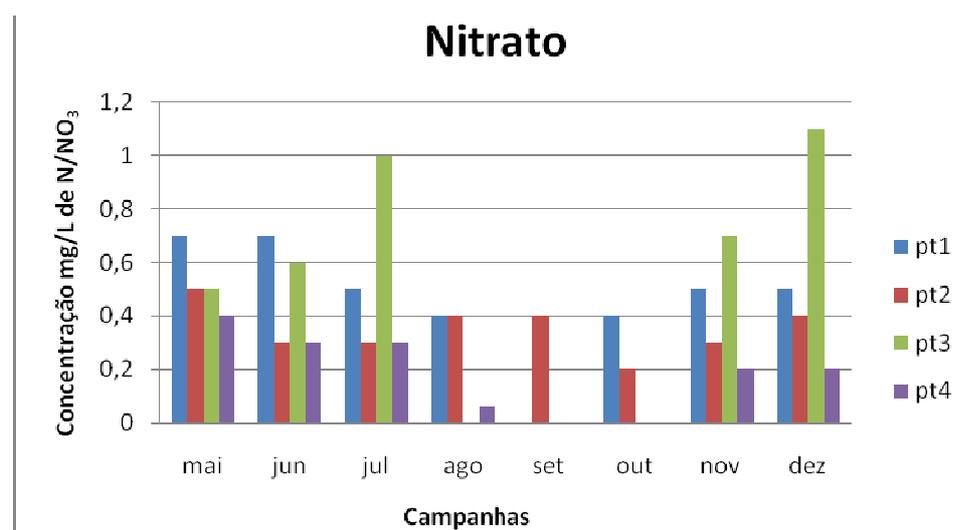


Figura 26 Valores de Nitrato (mg/L de N-NO₃) dos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

5.4.1.2 Temperatura

Um resumo dos valores de temperatura da água das sub-bacias estudadas é apresentado na Tabela 17 -. Observa-se que as Sub-bacias Bananal (PT1) e Alto Sossego (PT2) apresentaram níveis médios de temperatura da água idênticos (21,9 °C e 21,8°C) sendo inferiores aos encontrados na sub-bacia Baixo Sossego que foi de 23,6 °C ponto 3 e 22,8 °C no ponto 4. As diferenças de temperatura da água entre as sub-bacias no presente estudo devem-se principalmente a presença ou não de mata ciliar associada ao rio e ao represamento do mesmo. Conforme relatado em estudos, a conservação da vegetação ciliar é a forma mais eficaz de prevenir a elevação da temperatura da água (SUGIMOTO; NAKAMURA; ITO, 1997).

Tabela 17 - Valores de temperatura (°C) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego- ES.

Pontos monitorados	Parâmetro	Campanhas (2010).								Varição
		Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out	Nov.	Dez.	min-máx.
PT1	Temperatura	19,5	21,6	17,3	22,5	x	22,6	22,4	27,3	17,3-27,3
PT2		20,2	21,2	20,1	20,5	21,4	22,7	22,7	26,1	20,1-26,1
PT3		22,5	20,5	23,0	x	x	x	24,7	27,3	20,5-27,3
PT4		22,5	20,6	21,3	21,3	x	x	24,3	26,8	20,6-26,8

x: Vazão insuficiente.

Apesar de ser uma bacia agrícola, a vegetação ciliar nos quatro pontos monitorados é consideravelmente desenvolvida, conferindo uma maior proteção contra o aquecimento da água, devido à menor exposição do manancial superficial à luz solar direta. Porém, a cobertura florestal nos córregos das sub-bacias Bananal e Alto Sossego é mais completa e expressiva em relação a sub-bacia Baixo Sossego. A de se considerar também que o represamento ao longo do córrego Sossego pode estar contribuindo para a elevação das temperaturas da água nos pontos monitorados 3 e 4. De acordo com Branco e Rocha (1977) a modificação da correnteza, que se torna mais lenta, cria massas de água com temperaturas das camadas superficiais mais elevadas do que a temperatura média da água do rio.

As variações de temperatura também estiveram associadas aos horários em que foram realizadas as coletas. Nos pontos PT1 e PT2 as amostras eram coletadas entre 7 e 9h, onde

foram observados as menores faixas de temperatura. As maiores faixas de temperatura ocorreram no PT3 onde as coletas foram realizadas entre 10 e 11h. No ultimo ponto (PT4) onde as coletas eram realizadas por volta das 12h esperava-se altas temperaturas por estar exposta a maior radiação solar, porém, houve uma pequena redução da temperatura, mas não significativa.

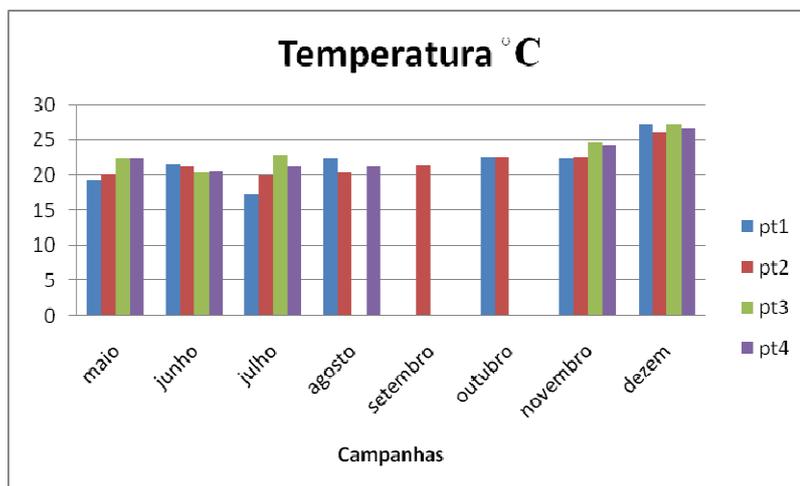


Figura 27 Valores de temperatura (°c) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

5.4.1.3 Oxigênio Dissolvido

Observa-se na Tabela 18 - que os valores de OD variaram entre 5,4 e 8,4 mg/L no ponto 1, 4,6 e 8,1mg/L no ponto 2, 4,3 e 6,7 mg/L no ponto 3 e 5,3 e 7,5mg/L no ponto 4. Analisando-se os pontos, observa-se que todos tiveram valores acima do estabelecido na Resolução CONAMA 357/05, ou seja, não inferior a 5,0 mg/L, com exceção do ponto 2 no mês de novembro e dezembro (4,6 e 4,8 mg/L) e do ponto 3 no mês de novembro (4,3mg/L) que ficou abaixo do estabelecido pela Resolução, talvez pelo fato de estar ocorrendo alguma contribuição de matéria orgânica em decomposição, afetando negativamente o Córrego Sossego.

Tabela 18 - Tabela das concentrações de OD (mg/L de O₂) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego-ES.

		Campanhas (2010).							
Pontos monitorados	Parâmetro	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out	Nov.	Dez.
PT1	OD	x	x	7,0	8,4	x	5,4	6,9	5,5
PT2		x	x	7,0	7,9	8,1	5,0	4,6	4,8
PT3		x	x	6,7	x	x	x	4,3	6,4
PT4		x	x	6,9	7,5	x	x	5,3	6,9

x: Vazão insuficiente.

Sabe-se que a temperatura influencia na solubilidade do oxigênio dissolvido em corpos d'água no entanto, quanto maior for a temperatura menor será a solubilidade do oxigênio na água, diminuindo sua concentração no manancial (ESTEVEZ, 1998). Observando as temperaturas da água registradas durante as campanhas para cada ponto monitorado não foi possível perceber esta relação, pois a medida que a temperatura aumentava o OD também se elevava (Figura 27 e Figura 28).

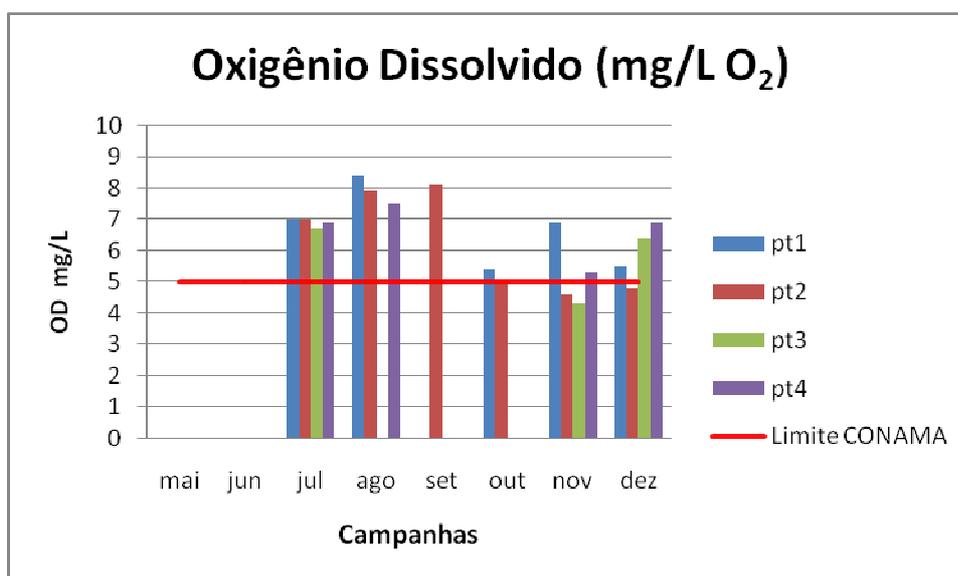


Figura 28 Valores de OD (mg/L de O₂) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

5.4.1.4 pH

A variável pH mostrou valor mínimo e máximo igual a 7,0 e 7,4 no ponto 1; 6,9 a 7,5 no ponto 2; 6,7 a 6,9 no ponto 3 e 6,8 a 7,1 no ponto 4 não demonstrando grandes variações e indicando valores aceitáveis com a legislação pertinente, a qual estipula valores de pH entre 6 e 9 para rios de Classe 2 (Tabela 19 -).

Tabela 19 - Valores de pH nos pontos monitorados na bacia Hidrográfica do Córrego Sossego- ES.

Pontos monitorados	Parâmetro	Campanhas (2010).								Varição
		Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out	Nov.	Dez.	mín-máx.
PT1	pH	7,4	7,3	7,0	7,0	x	7,1	7,3	7,4	7,0-7,4
PT2		7,2	7,1	7,0	7,1	7,5	7,1	6,9	7,0	6,9-7,5
PT3		6,7	6,7	6,7	x	x	x	6,9	6,9	6,7-6,9
PT4		7,1	7,0	6,9	6,8	x	x	7,0	7,0	6,8-7,1

x: Vazão insuficiente.

Resultados semelhantes de pH foram encontrados por Donadio, Galbiatti e De Paula (2005) e Gonçalves et al. (2005), em estudos que avaliaram a qualidade da água do manancial superficial de bacias hidrográficas agrícolas. De acordo com Derísio (2000, apud QUEIROZ et al., 2010) grandes alterações no pH são provocadas por despejos de origem industrial, neste sentido, o resultado encontrado neste trabalho pode estar relacionado ao fato de que o uso e ocupação do solo na microbacia em estudo é essencialmente agrícola.

Durante o período chuvoso e de seca o pH se manteve com pouca variação estando próximo a neutralidade (Figura 29). Porém, observa-se que no período chuvoso o pH aumentou nos pontos monitorados corroborando com a afirmação de Carvalho et al. (2000) que observaram que com o aumento das chuvas, o pH tende a subir e aproximar-se da neutralidade, pois ocorre maior diluição dos compostos dissolvidos e um escoamento mais rápido provocado pelo aumento no volume de água que faz com que a acidez da água diminua.

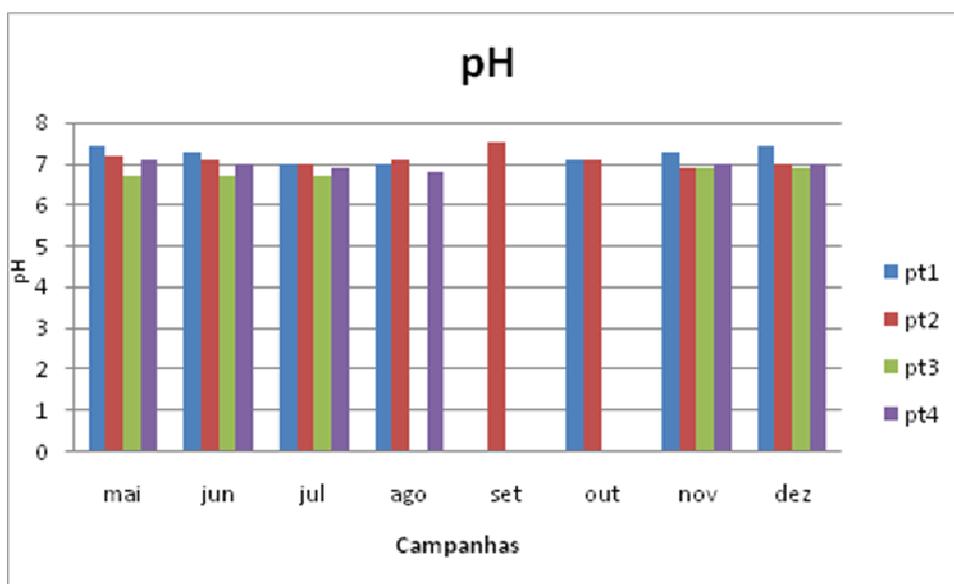


Figura 29 Valores de pH nos pontos monitorados na microbacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

5.4.1.5 Condutividade Elétrica

Os resultados de condutividade elétrica, conforme apresentado na Tabela 20 -, variaram entre 105,4 e 163,0 $\mu\text{s cm}^{-1}$ no ponto 1, 59,8-89,0 $\mu\text{s cm}^{-1}$ no ponto 2, entre 90,0-129,0 $\mu\text{s cm}^{-1}$ e 90,0-165,0 $\mu\text{s cm}^{-1}$ nos pontos 3 e 4 respectivamente. Crepalli (2007) encontrou valores de condutividade na faixa de 10 à 70 $\mu\text{s cm}^{-1}$ em rio sob influência da atividade agrícola na região oeste do Paraná e correlacionou o aumento da mesma com o aumento na vazão do rio, no entanto, o mesmo não foi observado para o presente trabalho.

Tabela 20 - Valores de condutividade elétrica ($\mu\text{s cm}^{-1}$) nos pontos monitorados na bacia Hidrográfica do Córrego Sossego- ES.

Pontos monitorados	Parâmetro	Campanhas (2010).								Varição
		Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out	Nov.	Dez.	mín-máx.
PT1	Condutividade Elétrica (CE)	110	120	105,4	163	X	145	145	75	75,0-163,0
PT2		60	60	59,8	89	97	85	79	86	59,8-97,0
PT3		90	90	107,1	X	X	X	130	129	90,0-130,0
PT4		90	100	97,6	165	X	X	118	115	90,0-165,0

x: Vazão insuficiente.

A condutividade elétrica (CE) é originada pela presença de sais dissolvidos na forma de íons dissociados eletroliticamente. A variação da CE encontrada no ponto 1 foi de 75 a 140 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação chuvosa e de 105,4 a 163 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação seca. Já para o ponto 2 os valores oscilaram entre 60 a 86 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação das chuvas e entre 59,8 a 97 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação das secas. Nos pontos 3 e 4 a condutividade variou entre 90 a 130 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ e 90 a 118 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação chuvosa e de 90 a 107,1 e 97,6 a 165 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ na estação seca, respectivamente.

Observa-se na Figura 30 que houve uma tendência discreta de aumento da condutividade elétrica referente à estação de estiagem, onde normalmente, devido a diminuição da coluna d'água por escassez de chuvas, ocorre uma maior concentração de sais, aumentando os valores de condutividade elétrica.

A CE encontrado nos pontos de monitoramento da bacia em estudo pode estar relacionado ao uso de fertilizantes e também na criação de suínos principalmente com relação ao ponto 1. Segundo Mosca (2003) a condutividade elétrica na água pode ser alterada pela entrada de fertilizantes e agrotóxicos que aumentam as concentrações iônicas nos corpos d'água. Além disso, o aporte de matéria orgânica proveniente da criação de bovinos e suínos pode contribuir para esta alteração (TUNDISI, 1988). Vale ressaltar que os esgotos domésticos também contribuem para o aumento da condutividade uma vez que não há tratamento.

A Resolução CONAMA n° 357 não estabelece padrões relativos à condutividade elétrica das águas.

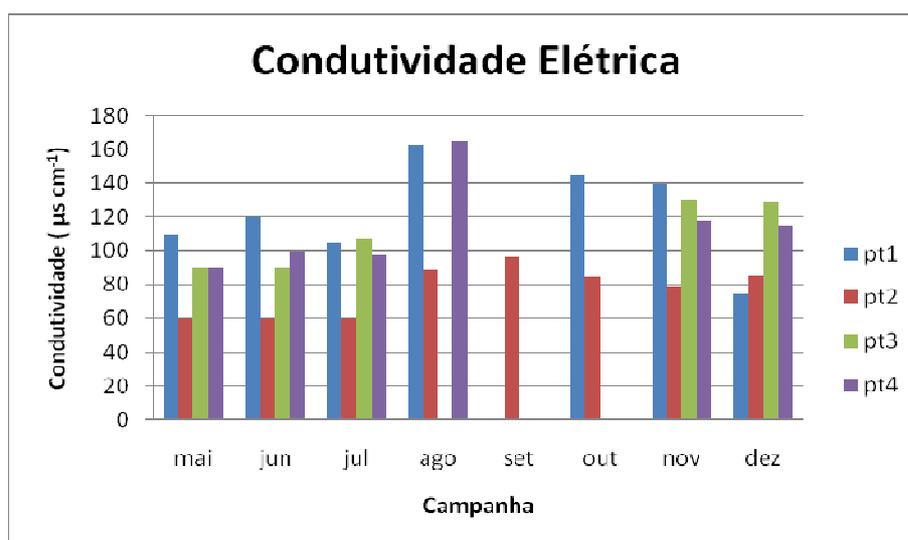


Figura 30 Variação da Condutividade Elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

5.4.1.6 Turbidez

O parâmetro turbidez apresentou valores baixos durante o período de monitoramento variando de 6,2 a 46,9 NTU no ponto 1; de 4,5 a 29,6 NTU no ponto 2; de 1,1 a 8,7 NTU no ponto 3 e de 7,2 a 29,5 NTU no ponto 4. O limite para o parâmetro turbidez estabelecido para CONAMA 357/05 é de até 100 NTU, para as águas classificadas como Classe 2. Desta forma em nenhum ponto ocorreu valor acima do preconizado (Tabela 21 -).

Tabela 21 - Valores de turbidez (NTU) nos pontos monitorados na bacia Hidrográfica do Córrego Sossego- ES.

Pontos monitorados	Parâmetro	Campanhas (2010).								Variação
		Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	mín-máx.
PT1	Turbidez	14,7	46,9	6,5	18,7	x	29,2	17,1	6,2	6,2-46,9
PT2		6,8	6,9	20,2	8,5	4,5	21,1	17,9	29,6	4,5-29,6
PT3		1,1	8,7	6,6	x	x	X	8,0	6,8	1,1-8,7
PT4		10,3	8,7	7,2	12,3	x	X	29,5	16,9	7,2-29,5

x: Vazão insuficiente. ND: Não detectado.

As diferenças de turbidez entre as sub-bacias foram mais significativas no período das chuvas. Entre outubro a dezembro foram registrados aumento de turbidez em todos os pontos de monitoramento. Este aumento pode ser resultante do escoamento superficial. De acordo com Branco (1977), devido à incidência da precipitação os sedimentos são transportados, via escoamento superficial, em direção ao corpo hídrico ocasionando desta forma um aumento na vazão e no material suspenso, alterando assim os valores de turbidez.

Nos meses mais secos (junho a setembro), a turbidez tendeu à mesma magnitude, sendo que o ponto 1 pertencente a sub-bacia Bananal apresentou no mês de junho um pico de turbidez considerável. Este aumento pode estar relacionado à presença de animais no córrego no dia da medição da mesma (Figura 31).

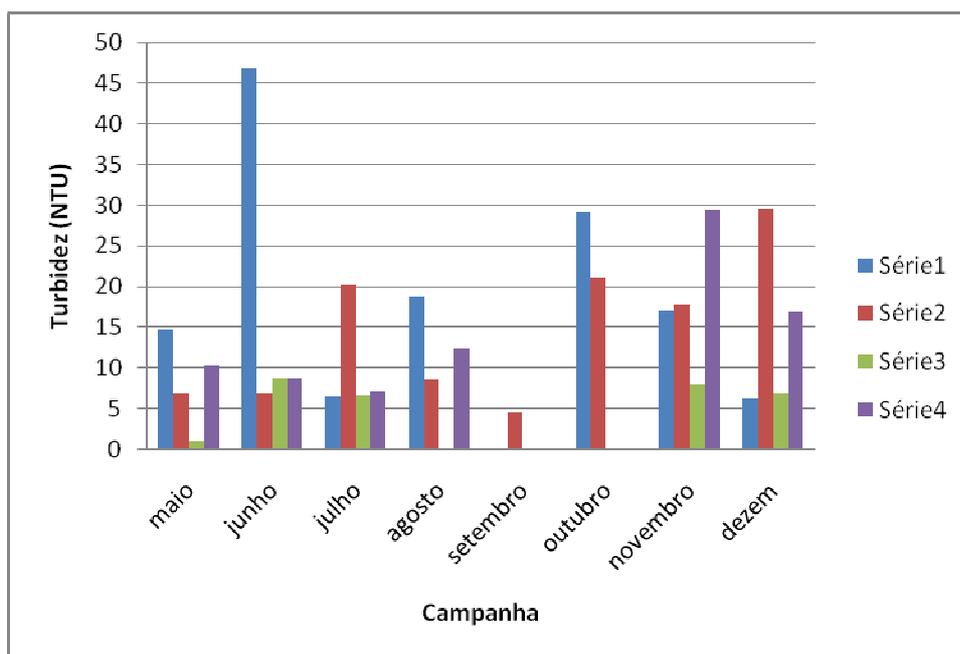


Figura 31 Variação da turbidez (NTU) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

5.4.1.7 Cor Verdadeira

Na Figura 32 é apresentado o comportamento da variável cor verdadeira. Pode-se perceber que houve estrapolações nos limites de coleta do ponto 1, 2 e 4, nos meses de outubro (nos pontos 1 e 2), novembro (ponto 4) e dezembro (pontos 2 e 4), estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005 que é de 75 mg Pt/L. Os valores variaram entre 19 e 95 mg Pt/L no ponto 1, entre 0 e 143 mg Pt/L no ponto 2, entre 3 e 60 mg Pt/L no ponto 3 e entre 16 e 133 mg Pt/L no ponto 4 (Tabela 22 -).

Tabela 22 - Valores de cor verdadeira (mg Pt/L) dos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego- ES.

Pontos monitorados	Parâmetro	Campanhas								Variação mín-máx.
		Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	
PT1	Cor verdadeira	38	95	19	ND	x	76	ND	32	19-95
PT2		16	0	35	0	10	77	63	143	0-143
PT3		25	3	29	x	x	x	49	60	3-60
PT4		47	16	19	ND	x	x	133	119	16-133

x: Vazão insuficiente. ND: Não detectado

Desconsiderando o alto valor encontrado para cor no mês de junho no ponto 1, pois no dia da coleta havia animais no córrego o que pode ter contribuído para o pico de cor e turbidez encontrado, observa-se durante o monitoramento, que quando ocorreram valores acima do permitido pela legislação (outubro no ponto 1; outubro e dezembro no ponto 2 e novembro e dezembro no ponto 4) houve também os maiores valores de vazão, ocorrendo uma maior carga de substâncias dissolvidas na água (Figura 32). Este mesmo comportamento foi encontrado por Fritzens et al. (2003) e Crepalli (2007), que acompanhando o comportamento da variável nas campanhas notaram que conforme a vazão do rio diminuía, devido ao período de estiagem, os valores de cor também decaíam.

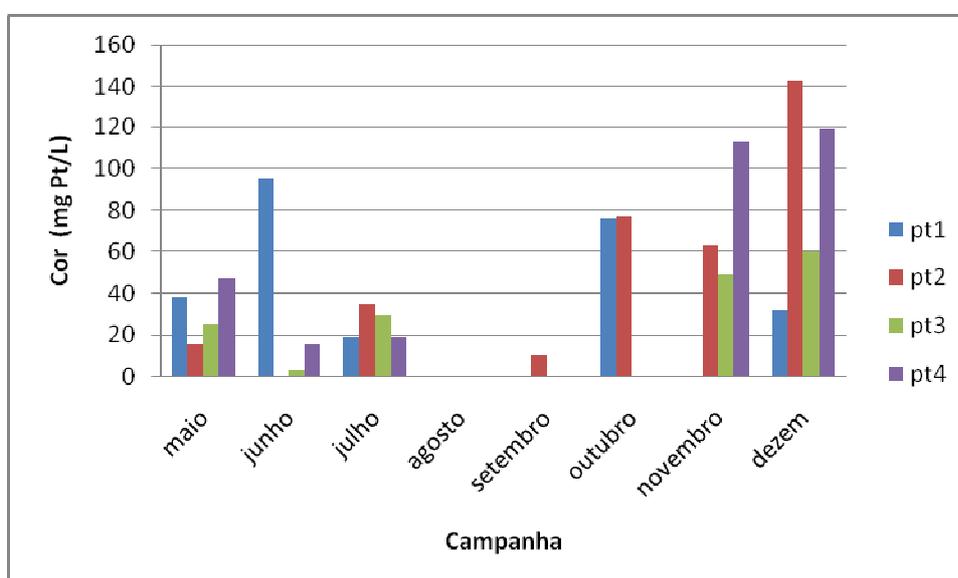


Figura 32 Variação de cor (mg Pt/L) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

5.4.1.8 DBO

Os valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO_5) dos pontos monitorados na microbacia do Córrego Sossego estão apresentados na Tabela 23 -. No ponto 1 os valores de DBO_5 variaram entre 4-7mg/L, no ponto 2 entre 3-8 mg/L e nos pontos 3 e 4 variaram entre 3-9mg/L e 4-8mg/L respectivamente. O maior valor encontrado de DBO_5 ocorreu no ponto 1 no mês de maio (7 mg/L), no ponto 2 no mês de dezembro (8 mg/L), no ponto 3 no mês de novembro (9 mg/L) e no ponto 4 no mês de novembro e dezembro (8 mg/L) (Tabela 23 -).

Portando, considerando como manancial de classe 2 o manancial em estudo está comprometido quando se reporta ao parâmetro DBO pois todos os pontos monitorados ultrapassaram o índice permitido pela resolução do CONAMA cujo valor é até 5 mg/L de O₂ (Figura 33).

Tabela 23 - Valores de DBO₅ (mg/L) dos pontos monitorados da bacia do Córrego Sossego-ES.

Pontos Monitorados	Parâmetro	Campanhas (2010).								Varição
		Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	mín-máx.
PT1	DBO ₅	7	5	4	6	x	6	6	6	4-7
PT2		4	3	3	6	5	4	6	8	3-8
PT3		6	4	3	X	x	x	9	7	3-9
PT4		x	4	4	7	x	x	8	8	4-8

x: Vazão insuficiente

Durante o período de monitoramento a concentração de DBO₅ dos pontos 3 e 4 aumentaram em relação aos pontos 1 e 2 (Tabela 23 -). A população residente próximas aos pontos 3 e 4 é bem significativa havendo uma maior contribuição no lançamento de efluentes domésticos ricos em matéria orgânica. Neste sentido devido ao acréscimo de efluentes domésticos, baixas vazões e a presença de trechos de cursos de água secos ou em forma de poças de água observadas durante o período de monitoramento, inclusive no trecho final do córrego Sossego indicam a baixa capacidade de diluição e autodepuração do curso de água contribuindo para o resultado encontrado.

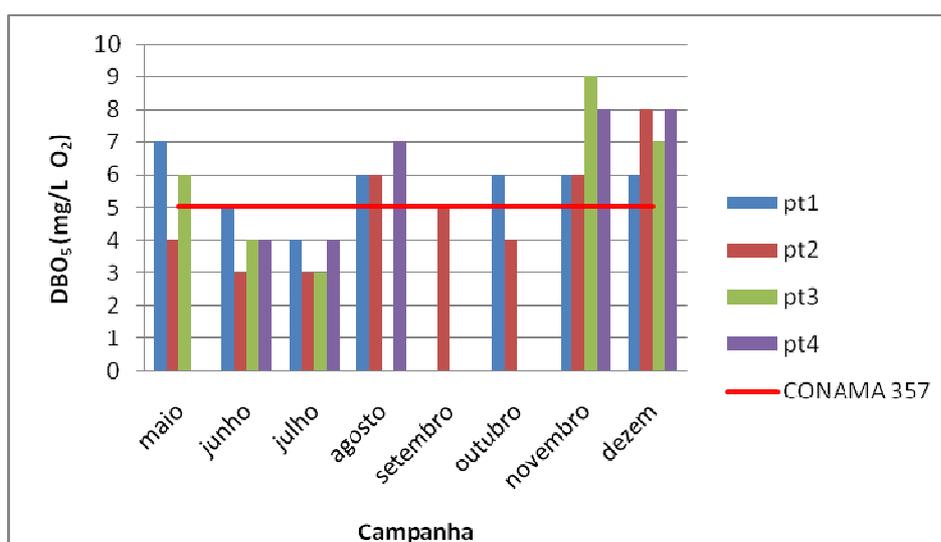


Figura 33 Variação da Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO₅) em mg/L O₂ dos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

5.4.1.9 Coliformes Totais e *E.coli*

A variação da concentração de coliformes totais (NMP/100ml) nos pontos monitorados é apresentada na Tabela 24 -. As concentrações de coliformes totais dos pontos monitorados variaram entre $1,35 \times 10^3$ e $7,2 \times 10^4$ NMP/100 mL no ponto 1, $8,5 \times 10^1$ e $5,8 \times 10^4$ NMP/100 mL no ponto 2, $5,2 \times 10^1$ e $1,9 \times 10^4$ NMP/100 mL no ponto 3 e no ponto 4 variaram entre $1,0 \times 10^2$ e $9,2 \times 10^3$ NMP/100 mL. Pode-se observar que o menor valor encontrado foi de $5,20 \times 10^1$ NMP/100 ml (Ponto 3) no mês de maio (período seco) e valor maior de $7,20 \times 10^4$ (Ponto 1) no mês de outubro (período chuvoso).

Tabela 24 - Variação de coliformes totais (NMP/100mL) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego- ES.

Pontos monitorados	Parâmetro	Campanhas (2010).							
		Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
PT1		$1,35 \times 10^3$	$1,30 \times 10^4$	$1,19 \times 10^4$	$9,88 \times 10^3$	x	$7,2 \times 10^4$	$2,81 \times 10^4$	$7,06 \times 10^3$
PT2	Coliformes	$8,5 \times 10^1$	$3,87 \times 10^3$	$6,09 \times 10^3$	$9,33 \times 10^3$	$8,8 \times 10^3$	$5,8 \times 10^4$	$1,60 \times 10^4$	$9,87 \times 10^3$
PT3	Totais	$5,20 \times 10^1$	$7,27 \times 10^3$	$6,09 \times 10^3$	x	x	x	$1,99 \times 10^4$	$8,86 \times 10^3$
PT4		$1,02 \times 10^3$	$9,21 \times 10^3$	$3,99 \times 10^3$	$5,12 \times 10^3$	x	x	X	$1,0 \times 10^2$

x: Vazão insuficiente

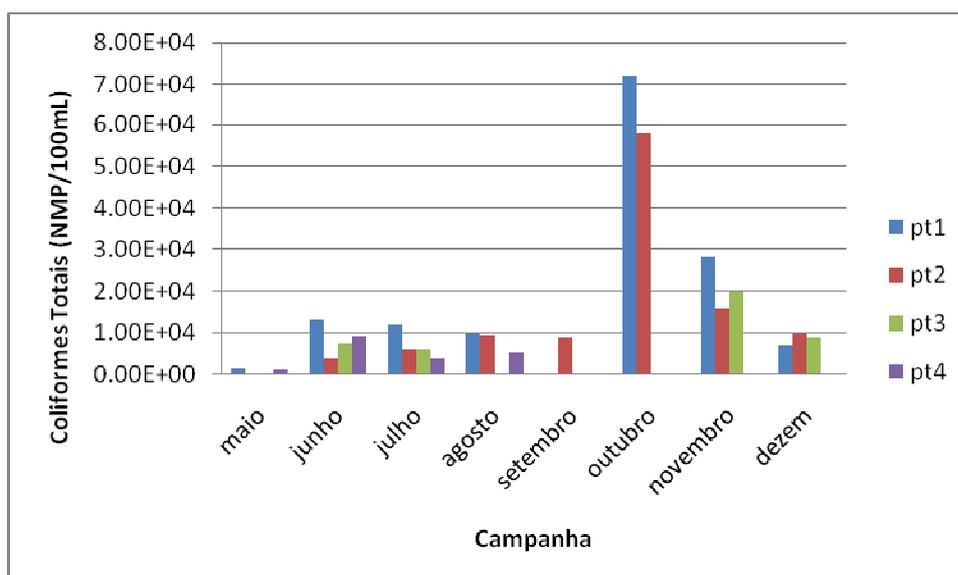
Na Tabela 25 - está apresentada a variação da concentração de *E. coli* (NMP/100mL) dos pontos monitorados na microbacia. Os coliformes fecais sofreram uma variação de $2,0 \times 10^1$ - $3,6 \times 10^3$ NMP/100mL no ponto 1, de $2,0 \times 10^2$ - $5,5 \times 10^2$ NMP/100 ml no ponto 2 e de $2,0 \times 10^2$ - $1,1 \times 10^3$ NMP/100 ml e $2,0 \times 10^1$ - $5,2 \times 10^2$ NMP/100 ml nos pontos 3 e 4 respectivamente. Verificando os resultados observa-se que o ponto 1 nos meses de julho e outubro e o ponto 3 no mês de novembro ficaram acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 357/05 que é de $1,0 \times 10^3$ NMP/100ml comprometendo desta forma a qualidade do manancial. Porém, os demais valores ficaram abaixo do estabelecido pela Resolução.

Tabela 25 - Variação de *E.coli* (NMP/100mL) nos pontos monitorados na bacia Hidrográfica do Córrego Sossego-ES.

		Campanhas (2010).							
Pontos monitorados	Parâmetro	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
PT1		2,0x10 ¹	1,07x10 ²	1,09x10 ³	1,0x10 ²	x	3,6x10 ³	9,7x10 ²	1,0x10 ²
PT2	E.	Ausente	2,59x10 ²	2,0x10 ²	Ausente	2,0x10 ²	5,2x10 ²	5,2x10 ²	5,2x10 ²
PT3	coli	Ausente	4,5x10 ²	2,09x10 ²	X	x	x	1,14x10 ³	4,8x10 ²
PT4		2,0x10 ¹	5,04x10 ²	5,2x10 ²	3,10x10 ²	x	x	X	1,0x10 ²

x: Vazão insuficiente

Foi verificado a incidência de concentrações baixas de coliformes totais e *E.coli* nos períodos de seca, principalmente nos meses de agosto a setembro, embora haja ocorrido algumas exceções (Figura 34 e Figura 35).

**Figura 34** Variação da concentração de Coliformes Totais (nmp/100mL) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

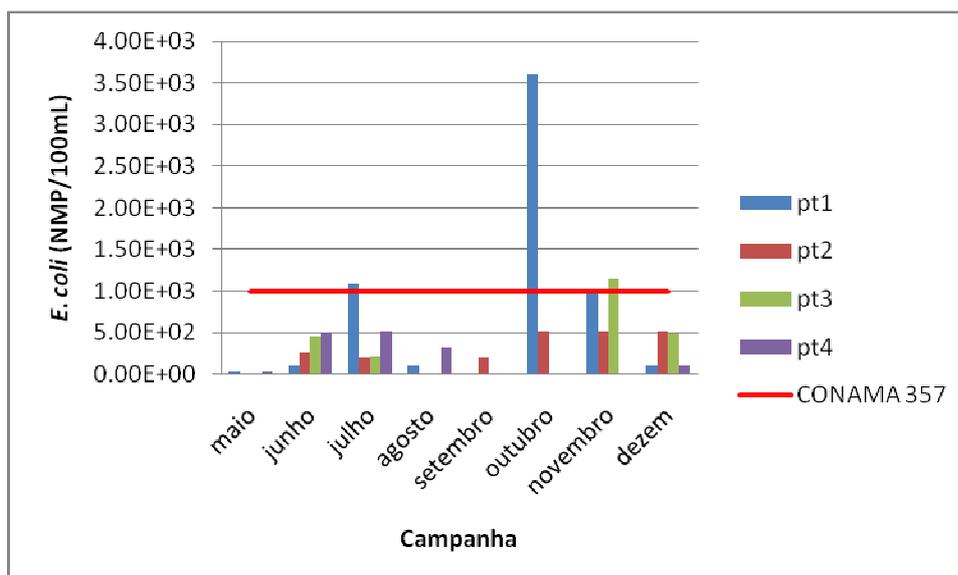


Figura 35 Variação da concentração de Coliformes Fecais (nmp/100mL) nos pontos monitorados na bacia do Córrego Sossego de maio/10 à dez/10.

Analisando-se os demais meses do ponto 1, o registro de concentrações elevadas de Coliformes totais e *E. coli* juntamente com a ocorrência de chuva pode estar associado à criação de suínos existente na propriedade e que se encontra a uma distância aproximada de 20m do córrego, o que sugere lançamento de dejetos ao manancial superficial. Segundo Rheinheimer et al., (2003) a suinocultura é uma atividade de grande potencial poluidor devido a quantidade de dejetos animais que são produzidos, necessitando de tratamento e disposição adequados.

O ponto 2 nos demais meses obteve resultados altos, talvez pela influência de sumidouros existentes em residências localizadas próximas ao córrego contaminando o lençol freático e nos pontos 3 e 4 possivelmente por estar numa região mais habitada por pessoas apresentando uma maior introdução de esgoto.

5.4.1.10 Enquadramento

A bacia do Córrego Sossego não está oficialmente enquadrada segundo as diretrizes da resolução nº 357 de 2005 do CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Enquanto não for feito um enquadramento oficial do Córrego Sossego, com base no Artigo 42 da referida legislação que prevê: “enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as

águas doces serão consideradas classe 2, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente” esse será Classe 2. Os usos previstos para essa classe estão apresentados no APÊNDICE I.

A identificação das condições atuais da qualidade da água e dos usos preponderantes da bacia auxilia na qualidade ambiental pretendida para os mesmos. De acordo com as características físicas, químicas e microbiológicas atuais das águas do Córrego Sossego faz-se a seguir uma discussão sobre o enquadramento dos trechos referente aos pontos monitorados (APÊNDICE J).

Ponto 1:

Com base nos resultados dos parâmetros oxigênio dissolvido, pH, nitrato e nitrito durante os períodos de seca e chuva o trecho até o ponto 1 enquadra-se na classe 2. Quanto ao parâmetro *E.coli* no período de seca o enquadramento variou da classe 1 a 3 e no período de chuva variou de classe 1 a 2. Para o parâmetro DBO₅ no período de seca o enquadramento variou entre as classes 2 a 3 e no período de chuva apresentou enquadramento na classe 3. Para a turbidez o enquadramento no período de seca variou de classe 1 e 2 e no período de chuva enquadrou-se na classe 1. A cor verdadeira durante o período de seca, desconsiderando o resultado do mês de junho por problemas de medição, enquadrou o córrego nas classes 1, 2 e 4 e no período de chuva entre as classes 1 e 2. Com base nas informações do APÊNDICE C, e no uso para irrigação preconizado pelo CONAMA 357/2005 para cada classe, há um comprometimento na utilização da água para irrigação das culturas quiabo, banana, cacau e jaticoba cultivadas no ponto 1, devido a variação das classes referentes aos parâmetros *E. coli*, DBO₅ e cor verdadeira no período de seca e somente DBO₅ no período de chuva, não havendo restrições para a cultura do café e do milho.

Ponto 2:

Com base nos resultados dos parâmetros pH, nitrato e nitrito durante os períodos de seca e chuva o trecho até o ponto 2 enquadra-se na classe 2 e referente ao parâmetro turbidez para os dois períodos enquadra-se na classe 1. Quanto ao parâmetro *E.coli* no período de seca e chuva o enquadramento variou nas classes 1 e 2 e para o parâmetro DBO₅ nos dois períodos

variou nas classes 2 e 3. Para o parâmetro OD no período de seca o córrego enquadrado-se na classe 2 e no período de chuva na classe 3 e para o parâmetro cor verdadeira durante o período de seca, enquadrado-se nas classes 1, 2 e 4 e no período de chuva entre as classes 2 e 4. Observando os resultados verifica-se um comprometimento na utilização da água para irrigação das culturas inhame, jiló, pimenta e quiabo no ponto 2, devido a variação das classes referentes aos parâmetros OD no período de chuva e de DBO₅ nos dois períodos não havendo restrições para as demais culturas.

Ponto 3:

Pelos resultados apresentados dos parâmetros cor verdadeira, pH, nitrato e nitrito durante os períodos de seca e chuva o trecho até o ponto 3 enquadra-se na classe 2 enquanto, para o parâmetro turbidez para os dois períodos enquadra-se na classe 1. Quanto ao parâmetro *E.coli* no período de seca o trecho enquadrou-se na classe 2 e no período de chuva variou entre as classes 1, 2 e 3. Para o parâmetro DBO₅ no período de seca apresentou enquadramento na classe 2 e no período de chuva na classe 3. Para o parâmetro OD o enquadramento no período de seca variou de classe 1 e 3 e no período de chuva o trecho enquadrou-se na classe 1. Verifica-se um comprometimento na utilização da água de irrigação da banana cultivada no ponto 3, devido a variação das classes referentes aos parâmetros *E.coli* e DBO₅ no período de chuva e de OD no período de seca.

5.4.2 Monitoramento da qualidade da água do manancial subterrâneo

5.4.2.1 Profundidade d'água nos poços

Em março de 2010 iniciou-se o período chuvoso na região, que se estendeu até maio. A partir de junho, o número de dias com chuvas começou a diminuir, caracterizando o período seco até outubro. Em novembro até o último mês de coleta (dezembro) começou novamente o período de chuvas (Figura 23).

Foram monitorados 3 poços rasos representados como poço 1, 2 e 3 de profundidades aproximadas de 7, 6 e 5 metros respectivamente. O nível estático dos poços diminuiu no período seco, de julho a setembro e também no mês de outubro. O gráfico de precipitação do ano de 2010 apresenta um aumento das chuvas neste mês, porém este aumento só ocorreu após a medição e coleta de água dos poços, ao final da primeira quinzena de outubro.

Nos meses de novembro e dezembro o poço 1 apresentou elevado nível estático se diferenciando dos demais (Tabela 26 -).

Tabela 26 - Profundidade de água nos poços (cm) monitorados na bacia do Córrego Sossego.

Poços	2010							
	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	x	x	340	336	283	240	318	374
2	x	x	160	158	155	163	198	185
3	x	x	119	109	156	49	196	138

x: Não houve medição.

5.4.2.2 Análises físico-químicas e microbiológicas dos poços

A Tabela 27 - apresenta os resultados dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos dos poços monitorados neste estudo. Os resultados das análises das amostras de água do poço foram comparados com os padrões estabelecidos para consumo humano pela Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.

Tabela 27 - Análises físico-químicas e microbiológicas de amostras das águas dos poços estudados entre maio e dezembro de 2010 na bacia do Córrego Sossego, ES e os padrões estabelecidos pela Resolução 396 do CONAMA e pela Portaria 518 do Ministério da Saúde (continua).

Parâmetros	Poço 1		Ponto 2		Ponto 3	
	N	%	N	%	n	%
pH						
6,0-9,5 *	0	0	3	37,5	0	0
< 6,0	8	100	5	62,5	8	100
>9,5	0	0	0	0	0	0
Turbidez						
< 5 UT *	8	100	7	87,5	8	100
>5 UT	0	0	1	12,5	0	0
Cor Aparente						
≤15 uH *	8	100	7	87,5	8	100
>15 uH	0	0	1	12,5	0	0
Nitrato						
≤ 10 mg/ L N**	8	100	8	100	1	12,5
>10 mg/ L N	0	0	0	0	7	87,5
Nitrito						
≤ 1 mg/ L**	8	100	8	100	8	100
>1 mg/ L	0	0	0	0	0	0
Coliforme Total						
Ausência*	5	62,5	4	50	2	25
Presença	3	37,5	4	50	6	75
Coliforme Fecal						
Ausência em 100mL**	8	100	7	87,5	6	75
Presença	0	0	1	12,5	2	25

* Valor máximo Permitido (VMP) para consumo humano recomendado pela Portaria 518/2004.

** Valor máximo Permitido (VMP) para consumo humano recomendado pela Portaria 518/2004 e Resolução CONAMA 396/2008.

5.4.2.2.1. Coliformes Totais e *E. coli*

Analisando os dados microbiológicos – Coliformes Totais dos poços monitorados, observou-se que todos os poços, em pelo menos um dos meses monitorados, apresentaram índices acima do valor permitido pela legislação, ou seja, é confirmada a presença de contaminação orgânica (APÊNDICE G). A porcentagem de amostras que apresentaram resultados de coliformes totais acima do estabelecido na portaria 518 foi de 37,5% no poço 1, 50% no poço 2 e 75% no poço 3. Em relação a coliformes totais o Art. 11 § 9º da Portaria 518/04 determina que em amostras procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, toleram-se a presença de coliformes totais na ausência de

Escherichia coli e/ou, coliformes termotolerantes, devendo ser investigada a origem da ocorrência e tomadas providências imediatas de caráter corretivo, preventivo e também realizada nova análise.

Quando nos reportamos aos dados microbiológicos – Coliformes Fecais, foi observado índices excedendo o limite permitido pela legislação, nos meses de novembro e dezembro para o poço 3 e no mês de novembro para o poço 2 (APÊNDICE G). Foi levantado que 12,5% do total das amostras apresentaram contaminação por *E. coli*, indicando água imprópria para consumo humano. A identificação de coliformes do tipo *E. coli*, demonstra que existe aporte de dejetos de animais de sangue quente ou mesmo de fezes humanas nos poços amostrados. As propriedades onde todos os poços estão localizados não possuem rede coletora de esgotos, fazendo uso de sumidouros como destino final para seus dejetos como já demonstrados nas Figura 17 , Figura 19 e Figura 20 . Portanto, o uso de tais sumidouros pode estar levando à contaminação das águas por percolação e/ou infiltração através do perfil do solo atingindo os poços existentes.

Em relação ao Poço 3, mesmo o sumidouro tendo sido construído dentro da margem de segurança estabelecida de 15 a 30 m do poço, segundo norma NBR 7229/1993, o fato de estar localizado numa cota superior à fonte de abastecimento de água provavelmente seria uma das causas de contaminação da água no local. No entanto, os resultados nem sempre justificam a contaminação encontrada, como por exemplo, no poço 2 que mesmo com a distância entre o sumidouro e o poço maior do que 30 metros houve contaminação por *E. coli* no mês de novembro (APÊNDICE G). De acordo com a Portaria nº 518/2004, do Ministério da Saúde e a Resolução CONAMA nº 396/2008, a água subterrânea é considerada boa e adequada para consumo humano quando apresentar ausência de *E. coli*. Com isso, em geral, os resultados microbiológicos indicam que as águas subterrâneas captadas por meio dos poços rasos 2 e 3 da área de estudo, encontram-se inadequadas para ingestão.

5.4.2.2.2. Nitrato e Nitrito

Constatou-se que o elemento nitrato (N-Nitrato) aparece com valores superiores ao permitido somente no ponto 3 em todo o período de coleta exceto no mês de agosto (APÊNDICE H).

Dados por poço mostraram que 87,5% das amostras coletadas no poço 3 apresentaram valores superiores ao estabelecido pela legislação (10mg NO₃-N/L) e os demais poços apresentaram-se com valores abaixo do limite permitido na Portaria n° 518/04 e na Resolução 396 do CONAMA.

Alaburda e Nishihara (1998) consideram que concentrações superiores a 3 mg N-NO₃/L são indicativos de contaminação devido às atividades antrópicas, neste sentido, possivelmente os altos índices encontrados no poço da propriedade 3 são decorrentes do uso de fertilizantes nitrogenados que convertidos a nitrato podem chegar às águas subterrâneas por lixiviação e escoamento superficial e/ou também um possível vazamento no sistema de saneamento implantado na área a partir do sumidouro. Por ter sido construído a nível mais alto em relação ao poço artesiano, o nitrato decorrente da mineralização de material orgânico (sumidouro) possivelmente está sendo carregado para o manancial subterrâneo. No Brasil, Varnier e Hirata (2002) investigaram e caracterizaram a contaminação da água subterrânea causada por uma fossa séptica no Parque Ecológico do Tietê (São Paulo-SP). Os resultados das análises físico-químicas das amostras de água coletadas nos poços de monitoramento instalados indicaram contaminação por nitrato proveniente do sistema de fossa séptica, sendo os valores acima do limite permitido pela legislação.

Trabalhos realizados por Pinto (1998) e Ayach (2002), registraram elevadas concentrações de nitrato nas águas freáticas da cidade de Anastácio- MS, sendo esses de origem orgânica, gerados pela grande ocorrência de fossas negras e/ou rudimentares na cidade e pela forma inadequada de disposição de resíduos sólidos. Os valores detectados chegaram a alcançar três vezes acima o valor mínimo permitido (VMP).

A presença de nitrato, em valores acima do permitido, coloca em risco a saúde das pessoas que consomem essas águas, uma vez que vários trabalhos associam o consumo de água contendo altas concentrações de nitrato ao aparecimento da metemoglobinemia, especialmente em crianças, e à formação potencial de nitrosaminas e nitrosamidas carcinogênicas. Portanto, não se recomenda a utilização para consumo humano, do poço da propriedade 3 tendo em vista os tipos de uso e manejo do solo nesta microbacia.

Quanto às concentrações de nitrito nas águas subterrâneas, não foi detectado a presença deste íon nos poços 1 e 2, durante todo o período de monitoramento. Porém no poço 3 somente no mês de maio, foi detectado nitrito em concentração de 0,01 mg/L valor este, inferior ao limite máximo (1mg N-NO₂/L) estabelecido pela Portaria 518/04 . (APÊNDICE H).

5.4.2.2.3. pH

Nos poços estudados, os resultados de pH encontrados indicaram uma água levemente ácida. Os resultados apresentados na Tabela 27 - mostram que 100% das amostras dos poço 1 e 3 e 62,5% no poço 2 apresentaram pH inferior a 6, estando, portanto, em desacordo com o recomendado pela Portaria, que estabelece o intervalo de 6,5 e 8,5. Tomando como base o período de amostragem (seco e chuvoso), os valores de pH das águas do manancial subterrâneo, de um modo geral, se mantiveram próximos. Desta forma constata-se que os valores de pH das águas estudadas encontram-se fora de faixa considerada adequada para consumo humano. A utilização de águas ácidas pode acarretar problemas como corrosão em equipamentos (tubos de revestimentos, filtros, bombas, etc), turbidez e presença de ferro na água (CETESB, 1987). Cabe ressaltar que a presença de CO₂ e ácidos húmicos livres em solução, fenômeno este típico de zonas tropicais, e o perfil geológico da área pode contribuir para acidez das águas subterrâneas (LIMA; KOBAYASHI, 1988). Nos Estados Unidos a maior parte deste manancial possui pH entre 5,5 a pouco mais de 8 sendo que as águas subterrâneas com pH inferior a 4,5 provavelmente contem ácidos minerais livres das águas de minas, gases vulcânicos ou contaminação por certos resíduos industriais (HEM, apud CETESB, 1978).

5.4.2.2.4. Cor Aparente

A Tabela 32 mostra que em 12,5% das amostras foi encontrado valor para cor maior que 15 Pt-Co/L (unidade Hazen-uH), excedendo o VMP estabelecido pela Portaria n° 518/04. Nas amostras analisadas, a cor variou entre 0 e 34,9 uH. Os poços 1 e 3 apresentaram valores para cor bastante baixos durante o período de monitoramento, indicando ótima aparência da água, o que proporciona uma boa aceitação desta pelos proprietários (APÊNDICE H). Os resultados para a cor demonstraram que os valores encontrados para o poço 2 foi alto apenas no mês de novembro, período de maior índice pluviométrico (Figura 23). Cabe salientar que, nos três

poços monitorados, a água encontra-se protegida, pois a presença do tubo de PVC evita o contato da água com compostos e materiais diversos existentes ao longo do perfil do solo que podem ser solubilizados, conferindo cor à água subterrânea. Contudo a proteção da saída do poço 2 não é adequada o que pode ter influenciado na contaminação por escoamento superficial das chuvas caracterizados pela turbidez, cor real e aparente.

5.4.2.2.5. Turbidez

A turbidez da água dos poços analisados variou de 0,2 UT a 6,7 UT. Turbidez acima de 5,0 uT foi encontrada somente em uma amostra do poço 2. No período de amostragem os valores encontrados nos poços 1 e 3 permaneceram dentro do padrão estabelecido pela Portaria 518/2004, 5,0 UT. No poço 2 somente no mês de novembro a turbidez se encontrou acima do valor recomendado como foi observado para o parâmetro cor para o referido poço (APÊNDICE H). Pesquisa realizada por Silva e Araújo (2003), associou os valores altos de turbidez a poços com profundidade de até 10m, contudo, na presente pesquisa, não houve associação entre estes parâmetros.

5.4.2.2.6. Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica pode estimar o valor de sais dissolvidos na água e quando se trata de potabilidade não existem critérios definidos para este parâmetro. A condutividade elétrica está relacionada à concentração de sólidos dissolvidos totais em uma solução aquosa, sendo normalmente utilizada no acompanhamento de plumas de contaminação (CETESB, 1978, MELO, 1995). Com relação a condutividade elétrica dos 3 poços monitorados, o poço 3 apresentou os maiores valores de CE, variando de 202,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ferreira e Hirata (1993) observaram valores mais elevados de CE em poços onde o nível d'água aproximava-se da superfície. Considerando que os poços nessa bacia são rasos com profundidade variando de 5 a 7m, as concentrações elevadas nos poços 1, 2 e 3 podem ter sido originadas devido essa característica.

No poço 1, durante o período seco, o máximo e o mínimo obtidos foram de 64,5 e 78 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente. Por sua vez, no período chuvoso, os valores variaram entre 70 e 127 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Já no poço 2, os valores obtidos no período chuvoso variaram de 70 a 109 $\mu\text{S}/\text{cm}$; enquanto

que no, período seco, os valores situaram-se entre 69,5 a 96 $\mu\text{S}/\text{cm}$. No poço 3, comparando-se os valores obtidos no período seco e chuvoso constata-se que neste último os valores se mostraram mais elevados, variando de 230 a 340 $\mu\text{S}/\text{cm}$; enquanto que no, período seco, os valores situam-se entre 202,7 a 334 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Uma hipótese para a diferença entre os valores de condutividade elétrica encontrados no poço 3, está relacionada à distância entre o sumidouro e o poço. Observações de campo mostram que no poço 3 essa distância é comumente um pouco menor do que aquelas constatadas no poço 2, além de ter sido construído à nível mais baixo que o sumidouro.

No poço 2 e 3, os maiores valores de condutividade elétrica foram obtidos em novembro, mês de intensa pluviosidade (APÊNDICE H). Essa elevação nos valores de CE no referido mês, pode estar relacionada com a elevação do lençol freático, propiciando uma maior proximidade dos sumidouros e dos efluentes, ricos em sais dissolvidos.

5.4.2.2.7. Temperatura

A temperatura tem influência nos processos biológicos, nas reações químicas e bioquímicas que ocorrem na água e em outros processos, como a solubilidade dos gases dissolvidos e sais minerais, por isso é importante conhecer a variação de temperatura prevista na água a ser tratada (MACÊDO, 2004; NETTO; RICHTER, 2003). Conforme os dados apresentados no APÊNDICE H, a temperatura das águas subterrâneas não apresentou grandes variações durante o período de coleta. Para o poço 1, foram registrados valores entre 22,1 e 24,9° C no período seco e 23,0 a 30,2 °C no período chuvoso. O poço 2 apresentou no período seco variações entre 23,9 e 25,0°C e entre 23 a 25,4°C no período chuvoso. Já no poço 3 os valores de temperatura variaram de 24,7 a 28,7°C no período seco e no período chuvoso situaram-se entre 24,9 a 25,8°C.

5.4.2.3 OD

Com relação ao Oxigênio Dissolvido (OD), 50% das amostras analisadas do poço 1, 75% do poço 2 e 62, 5% do poço 3 tiveram resultados acima do valor normalmente encontrado em

águas subterrâneas (zero a 5 mg/L, segundo Feitosa; Manoel Filho, 1997 apud Marion; Capoane; Silva 2007), ficando o OD das amostras no poço 1 entre 3,4 e 9,3 mg/L; 5,0 e 7,4 mg/L no poço 2 e 4,8 e 8,0 no poço 3 (APÊNDICE H). Esse parâmetro não é estipulado pela Portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Segundo a Norma NBR 12212/1992, águas ácidas com pH menor que 5 e oxigênio dissolvido maior do que 2mg/L são indicadores usuais da ação corrosiva do manancial subterrâneo.

5.4.3 Análise de agrotóxicos em água superficial e subterrânea

Não foram encontrados, nos níveis de detecção dos métodos empregados, moléculas dos agrotóxicos glifosato e do seu metabólito, o ácido aminometilfosfônico (AMPA), carbofurano, flutriafol e paraquat nas águas superficiais e subterrâneas das amostras estudadas durante todo o período de monitoramento.

Apesar de não detectado os agrotóxicos nas amostras de água analisadas, não se pode afirmar que os mananciais não estejam contaminados, visto o uso intensivo destes produtos nas áreas monitoradas e de modo geral na bacia, às características de sazonalidade dos agrotóxicos aplicados no meio ambiente e por estes apresentarem risco de contaminação aos corpos hídricos segundo os modelos aplicados neste estudo. Neste sentido fazem-se algumas inferências sobre o resultado encontrado, além de uma abordagem mais aprofundada com relação às propriedades físicas e químicas dos princípios ativos glifosato, carbofurano e paraquat de forma a contribuir e dar mais embasamento ao trabalho:

- Por 2010 ter sido um ano atípico na região com episódios de chuva bem diferentes das médias encontradas nos anos anteriores registrados pelo Incaper (Figura 23), tal fato pode ter contribuído para um menor potencial de lixiviação e escoamento destes compostos.
- Os resultados apresentados como “não detectados” podem também ser decorrentes da metodologia empregada e do tipo de coleta (simples) realizada, como afirmado por D’Amato; Torres e Malm (2002) e Menezes (2006).

O glifosato é um produto que sofre degradação por microorganismos tanto no solo quanto na água. No solo, a degradação do glifosato pelos microorganismos é muito rápida (GALLI;

MONTEZUMA, 2005). Já em água a taxa de degradação geralmente é reduzida, devido à menor quantidade de microrganismos presentes na água quando comparada a maioria dos solos (GHASSEMI et al., 1981).

Os microrganismos do solo utilizam o princípio ativo como fonte de energia e fósforo produzindo como principal metabólico o ácido aminometil fosfônico (AMPA) e como metabólito intermediário a sarcosina (DICK; QUINN, 1995). Além disso, o glifosato é um composto orgânico que apresenta uma alta e rápida taxa de adsorção aos óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio e à matéria orgânica do solo, como evidenciado em diversos estudos, inclusive em solos brasileiros (PRATA; LAVORENTI, 2000). Portanto, em função da forte adsorção do glifosato na matriz coloidal do solo, bem como sua rápida degradação por microrganismos, é pouco provável que a molécula de glifosato se lixivie alcançando desta forma o manancial subterrâneo.

De acordo com Galli e Montezuma (2005), o glifosato é altamente solúvel em água e quando se avalia os processos de volatilização e evaporação do princípio ativo, estes são considerados insignificantes sinalizando que o produto pode vir a persistir no solo ou na água. Estudos conduzidos em Manitoba, Canadá mostraram que a perda do glifosato na água ocorreu através da adsorção a sedimentos e degradação microbiana (KIRKWOOD, 1979 apud GALLI; MONTEZUMA, 2005). Contudo, tal informação contribui para informações que ajudem a justificar a não detecção do glifosato nas águas do manancial superficial, que de acordo com os resultados obtidos neste trabalho, utilizando o método de GOSS, possui alto potencial de transporte associado a sedimento e dissolvido em água.

Com base no presente estudo, utilizando-se o método de GOSS, o inseticida carbofurano foi classificado em médio potencial de risco para contaminação de águas superficiais. O carbofurano é um composto relativamente solúvel em água e é hidrolisado com facilidade em meio básico formando dióxido de carbono, 7-hidroxicarbofurano e metilamina sendo seu principal metabólico o 3-hidroxicarbofurano (FMC, 1977 apud Moreira; Mucci; Abakerli, 2004). De acordo com estes autores, a hidrólise é primariamente química, colaborando na degradação de carbofurano em meio alcalino. Porém, isto não pôde ser levado em consideração no presente estudo com relação a influência do pH pois o mesmo permaneceu

próximo a neutralidade para todos os pontos monitorados do manancial superficial, como verificado na Tabela 19 -do item 5.4.1.4.

Além da degradação hidrolítica, os processos de volatilização e os fotoquímicos podem contribuir para o desaparecimento de agrotóxicos. Para Tomlin (2000, apud Moreira; Mucci; Abakerli, 2004) a pressão de vapor do carbofurano é de $7,2 \times 10^{-2}$ mPa ($= 5,4 \times 10^{-7}$ mmHg) à 25° C, o que indica que a sua volatilização é insignificante, permanecendo, portanto, na água. Tal fato corrobora a afirmação de Deuber (1992, apud ROSA 2007) quando relata que agrotóxicos com pressão de vapor entre $10^{-7} \leq P \leq 10^{-5}$ mmHg são considerados menos voláteis. No entanto a degradação fotoquímica do carbofurano tem sido demonstrada como possibilidade de dissipação (WORLD HEALTH ORGANIZATION , 1996) o que pode vir a contribuir como explicação para o resultado encontrado neste trabalho.

O Paraquat, devido a sua alta solubilidade, possui maior probabilidade de ser carregado pela chuva ou água de irrigação atingindo assim os corpos d' água. No entanto, solubilidade elevada não implica maior mobilidade no solo (MILHOME et al., 2009). Mesmo apresentando alta solubilidade o paraquat possui baixa mobilidade devido a sua elevada adsorção ao solo sendo, portanto, mais facilmente retido e dificilmente transportado pela água. Essas características confirmam o resultado encontrado neste trabalho utilizando o índice de GUS onde o paraquat não mostrou tendência em contaminar água subterrânea o que pode vir a justificar a não detecção do mesmo nos poços monitorados.

Ressalta-se a dificuldade de encontrar na literatura informações sobre o comportamento do flutriafol no meio ambiente de forma a contribuir com explicações que justifiquem a não detecção do princípio ativo em todas as amostras coletadas nos córregos e poços do presente estudo.

6. CONCLUSÕES

Conclui-se que:

- Todas as propriedades rurais entrevistadas na microbacia do Córrego Sossego usam agrotóxicos, num total de 20 princípios ativos diferentes. Foram identificados 11 inseticidas, 5 fungicidas e 4 herbicidas.
- O método “*screening*” utilizado, índice de GUS, indicou potencial risco de transporte com alto potencial para contaminação de água subterrânea os seguintes princípios ativos: 2,4D, beta-ciflutrina, carbofurano, ciproconazol, flutriafol, metomil e tiametoxam mostraram concordância nos dois modelos, sendo considerados de alto potencial de contaminação para águas subterrâneas. Em relação ao potencial risco de contaminação de águas superficiais, por transporte de princípio ativo dissolvido em água ou sedimento cita-se o glifosato. Endossulfan e paraquat apresentaram alto risco de contaminação de águas superficiais pelo transporte associado ao sedimento e os agrotóxicos carbofurano, ciproconazol, flutriafol, tiametoxam e tebuconazol por transporte dissolvido em água.
- Estudos de monitoramento na região deverão, preferencialmente, focar a investigação dos compostos identificados visto que são bastante utilizados na região e o potencial risco de contaminação identificados para os corpos hídricos.
- Observou-se contaminação por coliformes termotolerantes (*E. coli*), oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅) e cor real comprometendo o uso na irrigação de hortaliças e plantas frutíferas para rios de classe 2 (CONAMA 357/05). Os resultados do monitoramento corroboram com aqueles obtidos no “Estudo Integrado de Conservação de Águas e Solo, Saneamento Ambiental e Conservação Florestal em Microbacia Experimental na Bacia do Rio Doce” desenvolvido pelo CNPq/LABGEST/UFES, dentro do CTHIDRO em abril de 2010.

- Devido as flutuações de qualidade das águas dos mananciais superficiais, durante o período monitorado, que resultaram em variações nas classes estabelecidas no enquadramento, os trechos referentes aos pontos amostrados 1, 2 e 3 não estão compatíveis para algumas culturas com relação ao uso da água do córrego Sossego para irrigação. Portanto, torna-se relevante a elaboração do enquadramento do corpo hídrico.
- As águas subterrâneas amostradas indicaram má condição sanitária, pela presença de *E.coli*, exceto no poço 1, bem como pela presença de nitrato, especificamente no poço 3; com valores superiores aos padrões de potabilidade, comprometendo desta forma o uso para abastecimento.
- Nos mananciais superficiais e subterrâneos da MHCS não foram encontrados, em todo o período de monitoramento, os princípios ativos glifosato e seu metabólito, o aminometilfosfônico (AMPA), carbofurano, flutriafol e paraquat

7. RECOMENDAÇÕES

Considerando a importância da bacia do Córrego Sossego como Laboratório Vivo, esta dissertação contribui em termos de dados e informações para estudos futuros na região. Como continuidade do trabalho, recomenda-se:

- Avançar no desenvolvimento de estudos com objetivo de elaborar propostas de enquadramento dos corpos de água na escala de pequenas bacias hidrográficas, envolvendo a participação da sociedade como ferramenta de apoio a gestão dos recursos hídricos. Neste sentido informações mais detalhadas no que se refere aos aspectos quali-quantitativo das águas superficiais e subterrâneas da bacia do Córrego Sossego e sua adequação aos usos atuais e pretendidos se fazem necessárias.
- Estudos para a determinação da meia-vida dos agrotóxicos ($DT_{50\text{solo}}$) e do coeficiente de adsorção (K_{oc}) nos solos predominantes da região de forma a contribuir cientificamente para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas à contaminação ambiental, uma vez que os valores das propriedades físicas e químicas não foram determinadas para as condições reais da área estudada.
- Estudo do solo com campanhas de monitoramento avaliando a presença de agrotóxico.
- Como recomendação final, aconselha-se pesquisas que enfoquem a saúde pública, uma vez que neste estudo verificou-se contaminação por *E. coli* em poços utilizados para consumo humano.

Torna-se necessário também:

- Fazer a proteção adequada dos poços bem como a instalação de unidades simplificada de desinfecção.

-
- Fazer levantamento e monitoramento de todos os poços da bacia do Córrego Sossego considerando o uso para abastecimento.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Panorama da qualidade das águas subterrâneas do Brasil**. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/acoesadministrativas/cdoc/Catalogo_Publicacoes/5_volume_5_ANA.pdf> Acesso em: 10 set. 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Monografias de Produtos Agrotóxicos**. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/toxicologia/monografias/index.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2010.

AGRITOX - Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques. Disponível: <<http://www.dive.afssa.fr/agritox/php/fiches.php>>. Acesso em: 12 jan.2009.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços . **Rev. Saúde Pública**, 32, 160-5, 1998.

AMARANTE J., O. P. de; SANTOS, T. C. R. dos; BRITO, N. M.; RIBEIRO, M. L. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Quím. Nova**, São Paulo, v.25, n.4, p.589-593. 2002.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. American Water Works Association, Water Environmental Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20th Ed. Washington, 1998.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. American Water Works Association, Water Environmental Federation. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21th Ed. Washington, 2005.

ARMAS, E. D. et al. Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na Bacia do rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica. **Quím. Nova**, v. 28, n. 6, p. 975-982, 2005.

ARMAS, E. D.; MONTEIRO, R. T. R.; ANTUNES, P. M.; SANTOS, M. A. P. F.; CAMARGO, P. B.; ABAKERLI, R. B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do rio Corumbataí e principais afluentes. **Quím. Nova**, v.30, n.5, 1119-1127, 2007.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE DEFESA VEGETAL (ANDEF) Tecnologia em primeiro lugar: o Brasil a caminho de se tornar o maior produtor mundial de grãos. **Revista Defesa Vegetal**, Maio de 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12212**: Projeto de poço para captação de água subterrânea. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

AYACH, L. R. **Implicações sócio-econômicas e sanitárias na qualidade das águas freáticas da cidade de Anastácio/MS**. 2002. 110 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Campus de Dourados, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados, 2002.

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis, Editora da UFSC, p.112, 1994.

BELLUTA, I.; SILVA, A. M. M. da. Vulnerabilidade natural da Microbacia do Córrego do Cintra frente aos pesticidas – um estudo de caso (Botucatu/SP). **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 23, n. 2, p.31-52, 2008.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. _____.7.ed. Vicosa: UFV – Imprensa Universitaria, 611p, 2005.

BERNARDES, F. Maioria dos agrotóxicos utilizados no País leva perigo ao meio ambiente. Disponível em: <http://www.seculodiario.com.br/exibir_not.asp?id=7692>. Acesso em: 21 jan. 2011.

BEVILACQUA, P. D.; AZEVEDO, S. M. F. O.; CERQUEIRA, D. A.; Microrganismos Emergentes: Protozoários e Cianobactérias. In: PADUA, V. L. (Org.). **Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano**. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

BLESSING, A. (ed). Pesticides and water quality – principles, policies and programs. Purdue Pesticide Programs. Purdue University Cooperative Extension Service, 2001. Disponível em: <<http://www.ppp.purdue.edu/Pubs/PPP-35.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2011.

BOCCHI, L. M. A. **Avaliação do uso de pesticidas na cultura de laranja no município de Itápolis – SP**. Dissertação (Mestrado em Dinâmica Regional e Alternativas de Sustentabilidade) – Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente, Centro Universitário de Araraquara, Araraquara, 2008.

BORTOLUZZI, E. C.; RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; ZANELLA, R.; COPETTI, A. C. C. Contaminação de águas superficiais por agrotóxicos

em função do uso do solo numa microbacia hidrográfica de Agudo, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.881-887, 2006.

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**. 84:85-90. 1992.

BRAGA, B. et al. **Introdução a Engenharia Ambiental**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

BRANCO, S.M.; ROCHA, A.A. **Poluição, proteção e usos múltiplos de represas**. São Paulo: Edgard Blücher, CETESB, 185p.1977.

BRANCO, S. M. **Hidrologia aplicada à Engenharia Sanitária**. 3ª ed. São Paulo. CETESB/ACATESB. 640p.1986.

BRASIL. Lei Federal nº 7.802, de 11/07/89. **Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L7802.htm>. Acessado em: 02 out. 2009.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Decreto n. 4.074, de 4 de janeiro de 2002. Regulamenta a Lei no 7.802, de 11 de julho de 1989, que dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4074compilado.htm>. Acesso em: 28 dez. 2010.

BRASIL. Portaria MS n. 518, de 23 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativas ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. **Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Coordenação- Geral de Vigilância em Saúde Ambiental**. Brasília, 2005. 28p. Disponível em: <http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/portaria_518_2004.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2010.

BRASIL. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.unesp.br/pgr/pdf/resolucao35705conama.pdf> >. Acesso em: 20 dez. 2010.

BRASIL Fundação Nacional de Saúde. **Manual de Saneamento. Orientações técnicas.** Funasa, 3. ed. rev. Brasília: 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano. Brasília: Ministério da Saúde, 284 p. – (Série A. Normas e Manuais Técnicos), 2006.

BRASIL. Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Disponível em: < http://www.cetesb.sp.gov.br/Solo/agua_sub/arquivos/res39608.pdf >. Acesso em: 20 dez. 2010.

BRITO, N. M.; AMARANTE JR., O. P.; ABAKERLI, R.; SANTOS, T. C. R.; RIBEIRO, M. L. Risco de contaminação de águas por pesticidas aplicados em plantações de eucaliptos e coqueiros: análise preliminar. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.11, p. 93-104, jan.-dez. 2001.

BROWN, C.L.; HOCK, W.K. The fate of pesticides in the environment and groundwater protection. Agrichemical Factsheet 8, Penn State Cooperative Extension, 1990.

BUFON, V. B.; MANTOVANI, E. C.; BONOMO, R. Caracterização técnica dos emissores alternativos utilizados na irrigação localizada na cafeicultura do Norte do Espírito Santo e Sul do Estado da Bahia. In: SIMPOSIO DE PESQUISA DOS CAFES DO BRASIL, 1., 2000. Pocos de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: Embrapa Café. v.2, p. 893-898, 2000.

CABRERA, L.; COSTA, F. P.; PRIMEL, E. G. Estimativa de risco de contaminação das águas por pesticidas na região sul do estado do RS. **Quim. Nova**, v. 31, n. 8, p. 1982-1986, 2008.

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

CHAPMAN, D. V. **Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring.** 2ed. London, New York: Taylor & Francis, 626p, 1996.

CETESB, **Água subterrânea e poços tubulares**; trad. Publicado pela JHONSON Division, UOP, Inc., Saint Paul, Minnessota. 3 ed. São Paulo, 1978.

COHEN, S. Z.; WAUCHOPE R., D.; KLEIN, A. W.; EADSPORTH, C. V.; Graney, R. Offsite transport of pesticides in water - mathematical models of pesticide leaching and runoff. **Pure and Applied Chemical**. v.67, p.2109-2148, 1995.

COHN, P. D.; COX, M.; BERGER, P.S. Health and Aesthetic Aspects of Water Quality. In: **Water Quality and Treatment**. 5th Ed. Washington: McGraw Hill, 1999.

CREPALLI, M. da S. **Qualidade da água do Rio Cascavel**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Paraná, 2007.

D'AMATO, C.; TORRES, J. P. M.; MALM, O. DDT (Dicloro Difenil Tricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental – uma revisão. **Química Nova**, v. 25, n. 6, p. 995-1002, 2002.

DEUBERT, K. H. Environment fate of common turf pesticides: factors leading to leaching. **USGA Green Section Record**. Ann Arbor, v. 28, n. 4, p. 5-8, 1990.

DICK, R.E.; QUINN, J.P. Glyphosate-degrading isolates from environmental samples: occurrence and pathways of degradation. **Applied Microbiology Biotechnology**, v.43, n.3 p.545-550, 1995.

DORES, E. F. G. C. **Contaminação por herbicida das águas utilizadas para consumo humano em primavera do leste, Mato Grosso**. 2000. 203 f. Tese (Pós – Graduação em Saúde e Ambiente) - Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2000.

DORES, E. F. G. C.; DE-LAMONICA-FREIRE, E. M. Contaminação do ambiente aquático por pesticidas. Estudo de caso: Águas usadas para consumo humano em Primavera do Leste, Mato Grosso – Análise Preliminar. **Revista Química Nova**, vol.24, n.1, p.27-36, 2001.

DONÁDIO, 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. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p.306, 2006.

ESPÍRITO SANTO (Estado). Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. **Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura : novo PEDEAG 2007-2025** / Secretaria de Estado da Agricultura, Abastecimento, Aquicultura e Pesca. Vitória : SEAG, 284 p., 2008.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, p.43-263, 1998.

EUROPEAN COUNCIL. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality intended for human consumption. **Official Journal of the European Communities**, 1998. L 330, p. 32-54.

EXTOXNET Data base. Disponível: < <http://extoxnet.orst.edu/> >. Acesso em: 12 jan.2009.

FERRACINI, V. L.; PESSOA, M. C. Y. P.; SILVA, A. S.; SPADOTTO, C. A. Análise de risco de contaminação das águas subterrâneas e superficiais da região de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.11, p. 1-16, jan./dez. 2001.

FERREIRA, L. M. R.; HIRATA, R. C. A. Determinação de Riscos de Contaminação das Águas Subterrâneas por Sistemas de Saneamento in situ. Estudo de Caso: Município de Campinas/SP. 1993.

FERREIRA, P. de A. **Quantificação e análise do uso da água em práticas de agricultura irrigada na Bacia do Descoberto – DF**. 2005. 152 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

FERNANDES NETO, M. de L. **Norma Brasileira de Potabilidade de Água: Análise dos parâmetros agrotóxicos numa abordagem de avaliação de risco**. Tese Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2010.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; SANS, L. M. A.; GOMES, M. A. F.; FERREIRA, C. J. A. Monitoramento e avaliação do risco de contaminação por pesticidas em água superficial e subterrânea na região de Guaíra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 5, p. 659-667, 2002.

FILIZOLA, H. F.; FERRACINI, V. L.; ABAKERLI, R. B.; GOMES, M. A. F. Monitoramento de agrotóxicos e qualidade das águas em área de agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.2, p.245-250, abr./jun. 2005.

FOOTPRINT creating tools for pesticide risk assessment and management in Europe. Disponível: < <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/index.htm>>. Acesso em: 12 jan.2009.

FREITAS, M. B. de; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. de. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 17, n. 3, p.1-10, 2001.

GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Alguns aspectos da utilização do herbicida Glifosato na agricultura**. Acadcom Gráfica e Editora Ltda, 2005. Disponível em: <<http://www.monsanto.com.br/produtos/herbicidas/glifosato/pdf/livro-glifosato.pdf>> Acesso em: 18 jul.2011.

GASPAR, S. M. F.S.; NUNES, G. S. PINHEIRO, C. U. B.; JÚNIOR, O.P.A. Avaliação de risco de pesticidas aplicados no município de Arari, Maranhão, Brasil: Base para programa de controle ambiental do Rio Mearim. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**. Curitiba, v.15, p. 43-54, dez. 2005.

GIRARDI, G.; QUARENTEI, L. M. **Cartografia do território, cartografias do lugar: fundamentos teóricos e uso de recursos cartográficos na compreensão dos processos espaciais atuais na Bacia do Córrego do Sossego Itarana-ES**. Anotações de campo (não-publicado). Universidade Federal do Espírito Santo. 2008.

GIRARDI, G.; QUARENTEI, L. M. Territoriality and geocartographical analysis: scales of interpretation as a tool for the understanding of water resources management conflicts. **Anais...** In: 24th INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE, 2009, Santiago. 2009. p. 1-13.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, PB, v.9, n.3, p.391-399, 2005.

GOMES, M. A. F.; SPADOTTO, C. A.; LANCHOTTE, V. L. Ocorrência do herbicida tebuthiuron na água subterrânea da Microbacia do Córrego Espreado, Ribeirão Preto – SP. **Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 11, p. 65-76, 2001.

GOMES M. A.; SPADOTTO, C. A.; PESSOA, M. C. P. Y. Avaliação da vulnerabilidade natural do solo em áreas agrícolas: subsídio à avaliação do risco de contaminação do lençol freático por agroquímicos. **Pesticidas: R. Ecotoxicol. Meio Ambiente**, v.12, p.169-179, 2002.

GHISELLI, Gislaine. **Remediação de solos contaminados com pesticidas Organoclorados utilizando reagente de Fenton**. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) – Instituto de Química. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2001. Disponível em: <<http://biq.iqm.unicamp.br/arquivos/teses/vtls000239022.pdf>>. Acesso em: 11 set. 2009.

GHASSEMI, M.; FARGO, L.; PAINTER, P.; QUINLIVAN, S.; SCOFIELD, R.; TAKATA, A. Environmental fates and impacts of major forest use pesticides, Washington: U.S. EPA. Office of Pesticides and Toxic Substances, pp. A-149-68. 1981.

GRUPO DE ESTUDOS E AÇÕES EM RECURSOS HÍDRICOS – GEARH. Departamento de Engenharia Ambiental/Centro Tecnológico/Universidade Federal do Espírito Santo (DEA/CT/UFES). **Desenvolvimento de Instrumento para a Gestão de Recursos Hídricos do Norte do Espírito Santo - GEARH-NES**. Edital CT-HIDRO/FINEP 01/2001. Relatório Final. v. 1. 2003.

HATZELL, H. H. Pesticides in surface water from three agricultural basins in South-Central Georgia, 1993-1995. **U.S. Geological Survey - USGS**. Relatório de Investigações dos Recursos hídricos, p. 1-12, 1996. Disponível em: <http://fl.water.usgs.gov/PDF_files/wri96_4196_hatzell.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2011.

HEALTH CANADA. **Water Quality - Reports and Publications Environmental and Workplace Health**. Disponível em: <<http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/pubs/water-eau/indexeng.php#guide>>. Acesso em: 08 mar. 2010.

HELLER, L. et al. Terceira edição do guias da Organização mundial da Saúde: que impacto esperar na Portaria nº 518/2004? In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande, MS. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2005.

HELLER, L.; PÁDUA, V. L.de. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: UFMG, 2006.

HIRATA, R. C. A. Os recursos hídricos subterrâneos e as novas exigências ambientais. **Revista IG**, v.14, n.1, p.39-62, 1993.

HUDDLESTON, J. H. How soil properties affect groundwater vulnerability to pesticide contamination. 1996. Oregon State University Extension Service. Disponível em: <<http://www.pw.ucr.edu/textfiles/Soil%20Properties%20and%20Groundwater%20Contamination.pdf>>. Acesso em: 31 jan. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro, n.7, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Folha SE. 24 Rio Doce: geologia, morfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro, p.548, v.34, 1987.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS – IBAMA. Produtos agrotóxicos e afins comercializados em 2009 no Brasil: uma abordagem ambiental. 84 p. 2010.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES (IJSN). Indicador do PIB do Agronegócio do Estado do Espírito Santo. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/index.php?option=com_docman&Itemid=187>. Acesso em: 21 jan. 2011.

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY (IPCS). **Chemical safety information from intergovernmental organizations.** Disponível em: <<http://www.inchem.org>>. Acesso em: 21 jan. 2010.

JACOMINI, A. E. **Estudo da presença de herbicida ametrina em águas, sedimentos e moluscos, nas bacias hidrográficas do Estado de São Paulo.** Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de Pós-graduação em Biologia Comparada, Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2006.

JUNIOR, F. R. **“Diagnóstico da influência de atividades antrópicas na qualidade da água do córrego Gavanhery no município de Getulina - SP”.** Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Ilha Solteira, 2008.

KATSUÓKA, L. **Avaliação do impacto da atividade agropecuária na qualidade da água em áreas de captação superficial nas bacias hidrográficas dos Rios Mogi-Guaçu e Pardo, São Paulo.** 2001. (Doutorado em Tecnologia Nuclear-Aplicacoes) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

KERLE, E.A.; JENKINS, J.J.; VOGUE, P.A. Understanding pesticide persistence and mobility for groundwater and surface water protection. Oregon State University Extension Service, 1996.

KOOKANA, R. S.; CORRELL, R. L.; MILLER, R. B. Pesticide impact rating index – a pesticide risk indicator for water quality. **Water, Air, and Soil Pollution: Focus**, v. 5, p. 45–65, 2005.

LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL - LABGEST. Estudo da influência do manejo da irrigação na produtividade de

café, banana e inhame na bacia experimental do Córrego Sossego – ES. 2010. **Relatório Final de Pesquisa. MCT/CNPq**. Processo n^o. 482385/2007-3.

LATUF, M. O. Diagnostico das águas superficiais do córrego São Pedro, Juiz de Fora – MG. **Revista Geografia**. Londrina – PR, v.13, n.1, 2004.

LAVORENTI A.; PRATA F.; REGITANO J. B. Comportamento de pesticidas em solos – **Fundamentos Tópicos Ciência de Solo**, Viçosa, MG, v. 3, p. 335-400, 2003.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Ed. Átomo – Campinas – SP. 2005.

LIMA, W. N.; KOBAYASHI, C. N. Sobre o quimismo predominante nas águas do sistema flúvio - estuarino de Barcarena, PA. **Geochimica Brasiliensis**, v. 2, n. 1, p. 53 - 71. 1988.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. Hidrologia de Matas Ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, p.33-44, 2000.

LIMA de, J. C.; PEDROSA, V. A.; ROCHA da, W. J. S. Avaliação da concentração de nitrato nas águas subterrâneas no bairro do Farol, em Maceió-Alagoas. In: IX SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 2008, Salvador.

LOPES, M. E. P. de A.; TEIXEIRA, E. C. “O „Projeto Sossego” e o uso da água na agricultura irrigada: subsídios para uma nova „racionalização””. **Anais... IV ENCONTRO TÉCNICO-CIENTÍFICO EM SUPORTE À GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA DO DOCE**, Ouro Preto, Jun. 2009.

LOPES, M. E. P. de A. **Avaliação do uso da água em sistemas de irrigação localizada nas culturas do café e do mamão**. 2006. 148 f. Dissertacao (Mestrado em Engenharia Ambiental) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

LOURENCETTI, C.; SPADOTTO, C. A.; SANTIAGO-SILVA, M.; RIBEIRO, M. L. Avaliação do potencial de contaminação de águas subterrâneas por pesticidas: comparação entre métodos de previsão de lixiviação. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.15, p. 1-14, jan./dez. 2005.

LOUZADA, A. G.; FONSECA, I. R. Avaliação da qualidade da água do rio Timbui tendo como referencia o grupo de coliformes. In: VI SIMPÓSIO ITALO BRASILEIRO DE

ENGENHARIA SANITARIA E AMBIENTAL, 2002, Vitoria-ES; **Anais...**Vitoria-ES, 2002, p.1-5.

MACÊDO, J. A. B. de. **Águas & águas**. Belo Horizonte, MG: CRQ-MG, 2004.

MAIER, M. H. Ecologia da bacia do rio Jacaré Pepira (47°55' – 48°55'W; 22°30' – 21°55'S – Brasil): qualidade da água do rio principal. **Ciência e Cultura**. 39(2): 164-185. 1987.

MANTOVANI, E. C. A irrigação do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, Laércio. **Café: produtividade, qualidade e sustentabilidade**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2000. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/PDF/Conteudo/155552_Art01f.PDF>. Acesso em: 3 jan. 2011.

MARASCHIN, L. **Avaliação do grau de contaminação por pesticidas na água dos principais rios formadores do pantanal mato-grossense**. Dissertação (Mestrado em Saúde e Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Saúde e Ambiente do Instituto de Saúde Coletiva, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2003.

MARQUES, M. N. **Avaliação do impacto de agrotóxicos em áreas de proteção ambiental pertencentes à Bacia Hidrográfica do rio Ribeira de Iguape, São Paulo. Uma contribuição à análise criticada da legislação sobre o padrão de potabilidade**. 2005. 218 p. Tese (Doutorado). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - Autarquia associada à Universidade de São Paulo, São Paulo.

MELO, J. G. **Impactos do desenvolvimento urbano nas águas subterrâneas de Natal / RN**. 156 p. (Tese de Doutorado). Instituto de Geociências,. Universidade de São Paulo São Paulo, 1995.

MENEZES, C. T. **Método para priorização de ações de vigilância da presença de agrotóxicos em águas superficiais: Um estudo em Minas Gerais**. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Saneamento) – Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

MEISSNER, R.; SEEGER, J.; RUPP, H.; BALLA, H. Measuring and estimating the impact of agricultural land use changes on water quality. In: **International Specialized Conference on Water Quality and its Management**. New Delhi. p.3-13.1998.

MILHOME, M. A. L.; SOUSA, D. O. B.; LIMA, F. A. F.; NASCIMENTO, R. F. Avaliação do potencial de contaminação de águas superficiais e subterrâneas por pesticidas aplicados na agricultura do Baixo Jaguaribe, CE. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.14, n.3, p.363-372, jul./set. 2009.

MINISTÉRIO DA SAÚDE / SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE. Relatório Final do Processo de Revisão e Proposta de Minuta de Atualização da Portaria MS nº 518, de 25 de março de 2004. Brasília, DF, 2010.

MIYAMOTO, J. Environmental and health issues. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 68, n. 9, p. 1737-1748, 1996. Disponível em: <<http://www.iupac.org/publications/pac/pdf/1996/pdf/6809x1737.pdf>> Acesso em: 31 jan. 2011.

MOREIRA, M. R. S.; MUCCI, J. L. N.; ABAKERLI, R. B. Monitoramento dos resíduos de carbofurano em área de produção de arroz irrigado - Taubaté, São Paulo. **Arq. Inst. Biol.** São Paulo, v.71, n.2, p.221-226, abr./jun., 2004

MOSCA, A. A. O. Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2003.

MOTA, S. **Preservação e Conservação de Recursos Hídricos**. 2. ed., Rio de Janeiro: ABES, 1995.

NARCISO, M. G.; GOMES, L. P. Qualidade da água subterrânea para abastecimento público na Serra das Areias, Aparecida de Goiânia. **Revista Técnica da Sanepar**, Aparecida de Goiânia, v. 21, p.4-18, 2004.

NETTO, J.M.A.; RICHTER, C.A. **Tratamento de água tecnologia atualizada**. São Paulo: Edgard Blücher, 332p.2003.

OLIVEIRA, E. S. DE. **Indicadores geoambientais de qualidade das águas na bacia do Córrego Sujo, médio vale do Rio Paraíba do Sul**. Tese (Doutorado em Saúde Pública e Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2007.

OSU- Extension Pesticide Properties Database. Disponível: <<http://npic.orst.edu/ppdmmove.htm>>. Acesso em: 12 jan.2009.

PARAÍBA, L.C.; SPADOTTO, C.A. Soil temperature effect in calculating attenuation and retardation factors. **Chemosphere**, v. 48, p. 905-912, 2002.

PALMIERI, F.; LARACH, J.O.I. Pedologia e geomorfologia. In: **Geomorfologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. p. 59-122, 1996.

PESSOA, M. C. P. Y.; FERRACINI, V. L.; CHAIM, A.; SCRAMIN, S. Software AGROSCORE – Apoio à Avaliação de Tendências de Transporte de Princípios Ativos de Agrotóxicos. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 26. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 24 p.

PESSOA, M. C. P. Y.; GOMES, M. A. F.; SCRAMIN, S.; SILVA, A. de S.; GUSSAKOV, K. C. Vulnerabilidade Natural das grandes Bacias Hidrográficas Brasileiras à Tendência de contaminação de águas por agrotóxicos em função dos tipos de solos predominantes. **Pesticidas: R. Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.16, p.39-52, jan./dez. 2006.

PESSOA, M. C. P. Y.; SCRAMIN, S.; CHAIM, A.; FERRACINI, V. L. Avaliação do potencial de transporte de agrotóxicos usados no Brasil por modelos screening e planilha eletrônica. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 44. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente. 2007.

PESTICIDE ACTION NETWORK (PAN). **Pesticide Database. Physical properties of pesticides.** Last updated 2008. Disponível em: <http://www.pesticideinfo.org/Docs/ref_waterair1.html>. Acesso em: 20 dez. 2009.

PINTO, A. L. **Saneamento básico e suas implicações na qualidade das águas subterrâneas da cidade de Anastácio-MS.** 1998. 175 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, 1998.

PIZARRO CABELLO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia (RLAF): goteo, microaspersion, exudacion.** Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 471p. 1990.

POLONI, D. M. **Desenvolvimento e Aplicação de Procedimento Metodológico em Suporte ao Planejamento Participativo para Redução de Perda de Solos em Pequenas Bacias Hidrográficas com Emprego da EUPS.** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2010.

PORTO, R.L.; BRANCO, S.M.; CLEARY, R.W.; COIMBRA, R. M.; EIGER, S.; LUCA, S.J.; NOGUEIRA, V.P.Q.; PORTO, M.F.A. **Hidrologia Ambiental.** Edusp- Editora da USP. 441p.1991.

PRATA, F.; LAVORENTI, A. Comportamento de Herbicidas no Solo: Influência da Matéria Orgânica. **Revista Biociências.** [S.I.], v. 6, n. 2. II Semestre, 2000.

PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção do glifosato em solos com diferentes atributos mineralógicos. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 24, pp. 947-51, 2000.

PRIMEL, E. G. et al. Poluição das águas por herbicidas utilizados no cultivo do arroz irrigado na região central do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil: predição teórica e monitoramento. *Quim. Nova*, v. 28, n. 4, p. 605-609, 2005.

PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.8, n.2/3, p.247-253, 2004.

QUEIROZ, M. M. F.; IOST, C.; GOMES S. D.; VILAS BOAS, M. A. Influência do uso do solo na qualidade da água de uma Microbacia Hidrográfica Rural. *Revista Verde* (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.4, p. 200 - 210 out./dez., 2010.

QUEIROZ, G. M. P.; da SILVA M. R.; BIANCO, R. J. F.; PINHEIRO, A.; Kaufmann V. Transporte de Glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola. *Quim. Nova*, vol. 34, n. 2, p.190-195, 2011.

RAO, P. S. C.; HORNSBY, A. G.; JESSUP, R. E. Indices for ranking the potential for pesticide contamination of groundwater. *Soil and Crop Science Society of Florida*, v. 44, p. 1-8, 1985.

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. In: REBOLSAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISE, J. G. (Org.). *Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação* 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

RESENDE de, A. V. **Agricultura e qualidade da água: Contaminação da água por nitrato**. Planaltina: Embrapa- Cerrados, 29p. 2002.

RHEINHEIMER, D. S.; GONÇALVES, C. S.; PELLEGRINI, J. B. R. Impactos das atividades agropecuárias na qualidade da água. *Ciência e Ambiente*. 27:85-96. 2003.

RIBAS, P. P.; MATSUMURA, A. T. S. A química dos agrotóxicos: impacto sobre a saúde e meio ambiente. *Revista Liberato*. v.10, n.14, p.149-158, jul./dez. 2009. Disponível em: <<http://www.liberato.com.br/upload/arquivos/0120110910074119.pdf>>. Acesso em: 01 fev. 2011.

RIGOBELLO, E. C.; MINGATTO, F. H.; TAKAHASHI, L. S.; ÁVILA F. A. de. Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da Região de Dracena. *Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.*, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 219-224, abr./jun. 2009.

RODRIGO LÓPEZ, J., HERNÁNDEZ ABREU, J. M.; PÉREZ REGALADO, A; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, J. F. **Riego localizado**. Madri: Mundi-Prensa, 504p,1992.

ROSA, F. C. **Estudo do potencial de degradação por pesticidas das águas da bacia do rio Itajaí**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 2007.

SÁ BARRETO de, F. M. **Contaminação da água subterrânea por pesticidas e nitrato no município de Tianguá, Ceará**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil, Saneamento Ambiental) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2006.

SANCHES, S. M.; SILVA, C. H. T. P.; CAMPOS, S. X.; VIEIRA, E. M. Pesticidas e seus respectivos riscos associados à contaminação da água. **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.13, p. 53-58, jan./dez. 2003.

SARDINHA, D. S.; CONCEIÇÃO, F. T.; SOUZA, A. D. G.; SILVEIRA, A.; DE JULIO, M.; GONÇALVES, J. C. S. I. Avaliação da qualidade da água e autodepuração do Ribeirão do Meio, Leme (SP). **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.13, n.3, p.329-338, 2008.

SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, ABASTECIMENTO, AQUICULTURA E PESCA – SEAG. Disponível em <<http://www.seag.es.gov.br/?p=15681>>. Acesso em: 21 jan. 2011.

SILVA, M. L.da. Características das águas subterrâneas numa faixa norte-sul na cidade de Manaus (AM). **Revista Escola de Minas**, Manaus, v. 54, n. 02, p.01-08, 2001.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA). **Ciência & Saúde Coletiva**, Feira de Santana, v. 8, n. 04, p.1019-1028, 1 dez. 2003.

SILVA, J. G. F. da; MANTOVANI, E. C.; RAMOS, M. M. Irrigação localizada. In: MIRANDA, J. H. de; PIRES, R. C. de M. (eds.). **Irrigação** (Serie Engenharia Agrícola). Piracicaba-SP: FUNEP, v.2, p.259-309, 2003.

SILVA, M. D.; PERALBA, M. C. R.; MATTOS, M. L. T. Determinação de glifosato e ácido aminometilfosfônico em águas superficiais do Arroio Passo do Pilão. Pesticidas: **R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 13, jan./dez. 2003.

SILVA, C. L. DA. **Análise da vulnerabilidade ambiental aos principais pesticidas recomendados para os sistemas de produção de algodão, arroz, café, cana-de-acúcar,**

cítricos, milho e soja. Dissertação (Mestrado em Água e Solo) - Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

SILVEIRA, A. L. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI; C. E. M. (org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS; ABRH, 2001. cap. 2, p. 35-51.

SKAGGS, R. K. Predicting drip irrigation use and adoption in a desert region. **Agricultural Water Management.** n. 51, p. 125-142, 2001.

SOUZA, L. O. C. de. Análise técnica de sistemas de irrigação por gotejamento utilizados na cafeicultura irrigada. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Vicosa, Vicosa, 2000.

SPADOTTO, C. A.; FILIZOLA, H.; GOMES, M. A. F. Avaliação do potencial de lixiviação de pesticidas em latossolo da região de Guairá, SP. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente**, Curitiba, v.11, p. 127-136, 2001.

SPADOTTO, C. A. Screening method for assessing pesticide leaching potential. Pesticidas: **Revista de ecotoxicologia e meio ambiente.** Curitiba, v. 12, p. 69-78, 2002.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; HORNSBY, A. G. “Pesticide leaching potencial assessment in multilayered soils”. Pesticidas: **Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente.** Curitiba, v. 12, p. 01-12, jan./dez. 2002.

SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA M. M. **Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações.** Jaguariúna: Embrapa-Meio Ambiente, 29 p. 2004.

SUGIMOTO, S.; NAKAMURA, F.; ITO, A. Heat budget and statistical analysis of the relationship between stream temperature and riparian forest in the Toikanbetsu river basin, Northern Japan. **Journal of forest research**, v.2, n.2, p.103-107, 1997.

TARIQ, M. I.; AFZAL, S.; HUSSAIN, I. Pesticides in shallow groundwater of Bahawalnagar, Muzafargarh, D.G. Khan and Rajan Pur districts of Punjab, Pakistan. **Environment International**, v. 30, p. 471-479, 2004.

TELLES, D. D. A. Água na agricultura e pecuária. In: REBOLSAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Org.). **Águas doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 2. ed. São Paulo: Escrituras, 2002.

TEIXEIRA, E. C.; FRAGA, M. R.; RESENDE, M.; DARÉ, J. C.; LOPES, M. E. P. de A. Projeto Sossego: integrando experiências de gestão de recursos hídricos e desenvolvimento sustentável local. In: SIMPÓSIO EXPERIÊNCIAS EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS POR BACIA HIDROGRÁFICA, 2007, São Pedro, SP. **Anais...** São Pedro: PCJ, 2007.

TOMITA, R. Y.; BEYRUTH, Z. Toxicologia de agrotóxicos em ambiente aquático. **Biológico**. São Paulo, v.64, n.2, p.135-142, jul./dez. 2002.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia. Ciência e Aplicação**. 3ªed. Porto Alegre. Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

TUNDISI, J. G. Limnologia e Manejo de Represas. Vol. I. São Paulo: EESC-USP/ CRHEA/ ACIESP, 1988.

TOXICOLOGY DATA NETWORK (TOXNET). United States National Library of Medicine. Disponível em: < <http://toxnet.nlm.nih.gov/>>. Acesso em 09 jun. 2010.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - USEPA. **Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories**. Office of Water U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC., 2009. Disponível em: <<http://www.epa.gov/waterscience/criteria/drinking/dwstandards2009.pdf>> Acesso em: 20 dez. 2010.

VAN ES, H. M.; TRAUTMANN, N. M. Pesticide Management For Water Quality; Principles And Practices. Extension Series No. 1. New York Cooperative Extension Service. Cornell University. Ithaca, NY. 1990. Disponível em: < <http://ecommons.cornell.edu/handle/1813/3414> >. Acesso em: 02 fev. 2011.

VARNIER, C.; HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecológico do Tietê - São Paulo, Brasil. **Rev. Águas Subterrâneas**, n. 16, 2002.

VERÍSSIMO, L. S.; MELO, F.; MENESES F. A. A.; CARNEIRO, M. M. M.; ALBUQUERQUE, V. C. Diagnostico dos poços tubulares e a qualidade das águas subterrâneas no município de Campo Maior. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE LÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13. 2004, Cuiabá. **Anais...** . Piauí: Congresso Brasileiro de águas Subterrâneas, 2004.

VICTORINO, V. I. P. Monopólio, conflito e participação na gestão dos recursos hídricos. **Ambiente & Sociedade** – Vol. VI nº. 2 jul./dez. 2003.

VON SPERLING, E. Monitoramento Simplificado de Mananciais Superficiais. In: 21º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 4, 2001, João Pessoa: ABES, 2001. p.1-3.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3.ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.

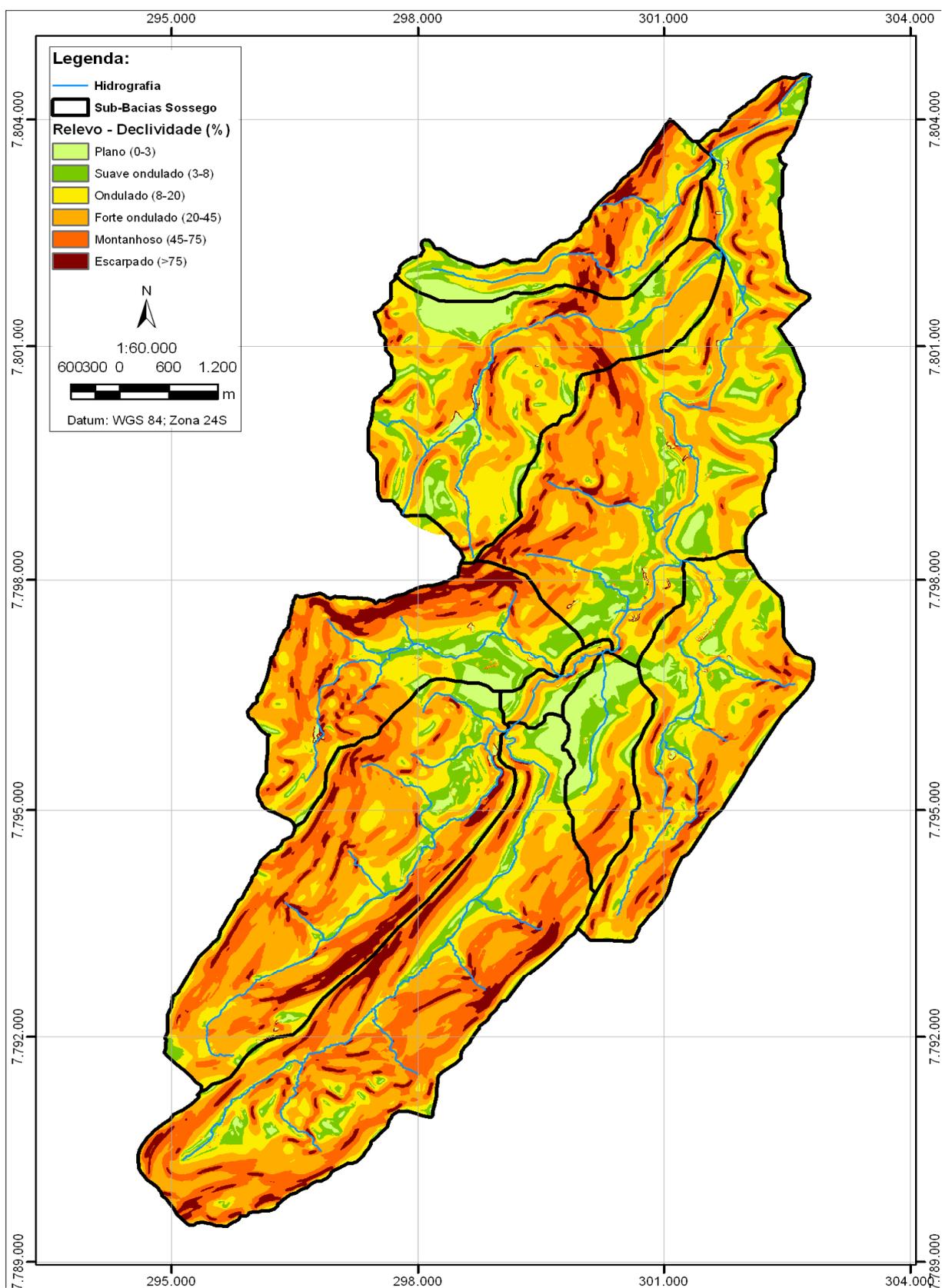
ZHU, D. **Determination of residential - use turf pesticides in surface and ground water by HPLC/DAD**. Dissertação (Master of Science – in Food Science and Human Nutrition). Universidade do Maine. Orono, EUA, 2003.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines for drinking-water quality**. Health criteria and other supporting information..Geneva: 2.ed. v.2. p. 940-9461996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION - WHO. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 3ed., v. 1, 2008. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/fulltext.pdf>. Acesso em: 20 dez. 2010.

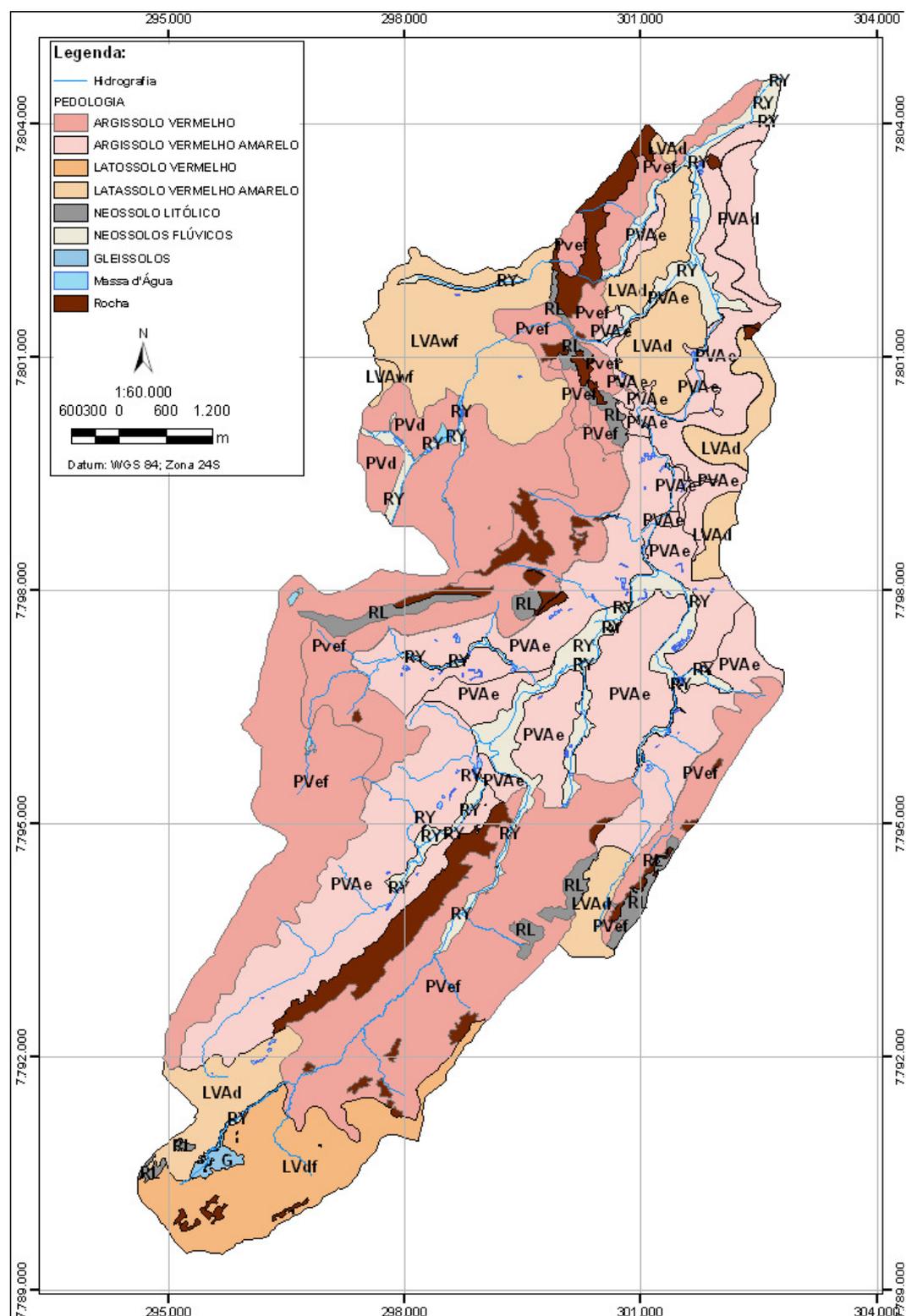
9. ANEXOS

ANEXO I – MAPA DE DECLIVIDADE

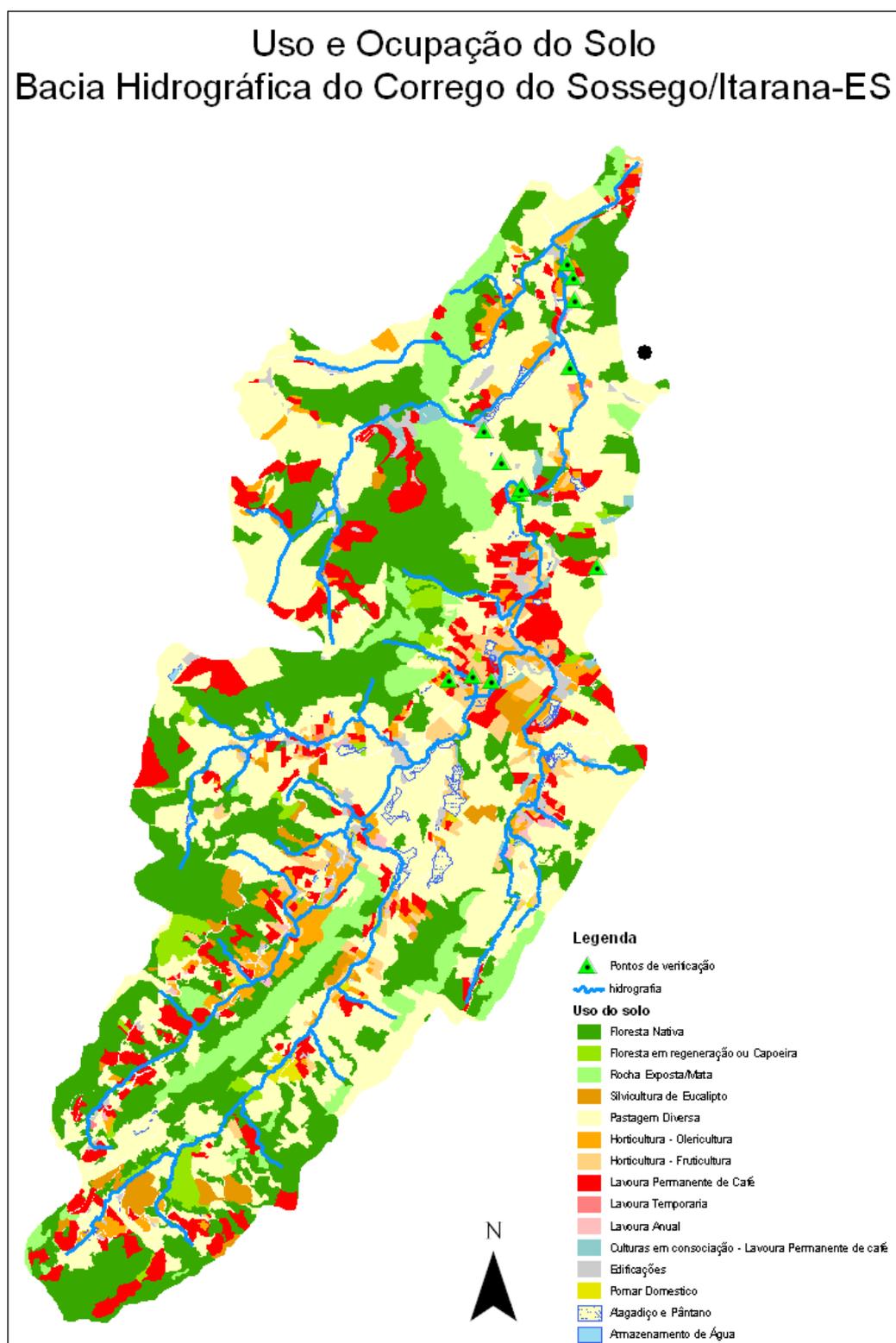


Fonte: Organizado por Rodrigo Huebra Martins, 2009 (LabGest) a partir de interpretação de imagens e trabalho de campo.

ANEXO II – MAPA DE SOLOS

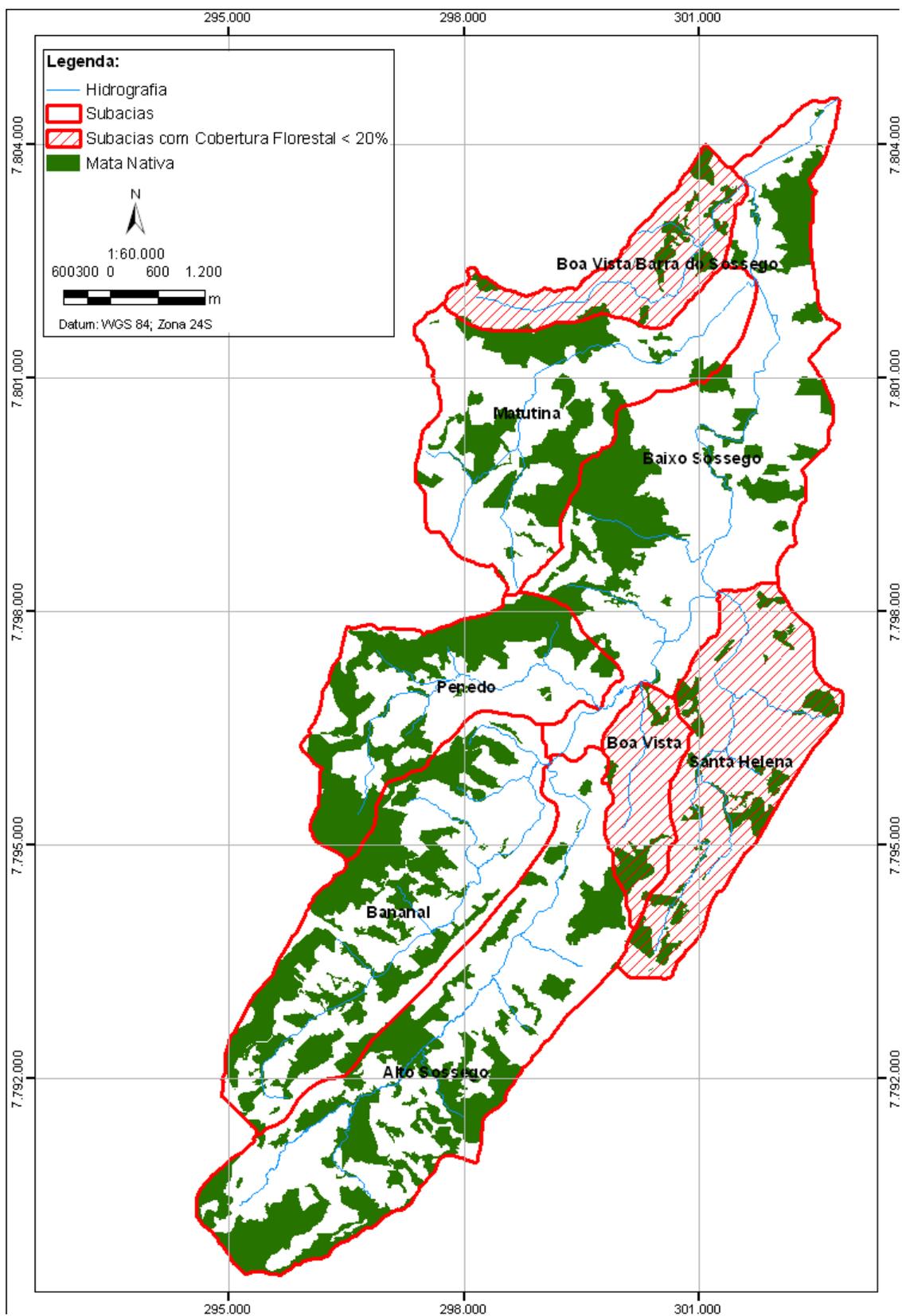


Fonte: Organizado por Rodrigo Huebra Martins, 2009 (LabGest) a partir de interpretação de imagens e trabalho de campo.

ANEXO III- MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Fonte: Organizado por Rodrigo Huebra Martins, 2009 (LabGest) a partir de interpretação de imagens e trabalho de campo.

ANEXO IV- MAPA DE COBERTURA VEGETAL



Fonte: Organizado por Rodrigo Huebra Martins, 2009 (LabGest) a partir de interpretação de imagens e trabalho de campo.

10.APÊNDICES

APÊNDICE A – Usos da água existente nas propriedades estudadas: distâncias do mesmo ao poço artesiano e ao córrego.

Propriedades	1	2	3	4
Dimensões do sumidouro (m)	Prof.= 3,0 Larg. = 1,5 Comp. = 2,5	Prof.= X Larg.. = 3,80 Comp. = 4,0	Prof.= 3,0 Larg. = 1,0 Comp. = 5,4	-
Distância do sumidouro ao poço(m)	15	≈ 37,5	≈25	-
Distância do sumidouro ao córrego(m)	34	≈ 25m	≈145	-
Distância do poço ao rio(m)	≈30	≈ 62,5	≈ 120	-
Distância do poço ao chiqueiro (m)	≈13	-	-	-
Distância do chiqueiro ao córrego (m)	≈20	-	-	-
Distância poço-mamão (m)	-	≈ 15,0	-	-

(X): Proprietário não soube responder; (-): Inexistências destes dados nos pontos monitorados.

APÊNDICE B - Usos da água existente nas propriedades estudadas.

Usos	Propriedade 1 (Fonte)	Propriedade 2 (Fonte)	Propriedade 3 (Fonte)	Propriedade 4 (Fonte)
Irrigação	Nascente ("tanques/poços") Córrego Bananal	Nascente ("tanques/poços") Córrego Sossego ("tanques/poços")	Nascente ("tanques/poços")	-
Abastecimento doméstico	Poço raso	Poço raso	Poço raso	-

(-): Inexistências destes dados nos pontos monitorados.

APÊNCICE C - Culturas implantadas, agrotóxicos utilizados e sistemas de irrigação avaliados nas propriedades selecionadas para monitoramento e coleta de água na bacia do Córrego Sossego.

Propriedades	Sistemas de irrigação	Culturas	Área plantada	Agrotóxicos (p.a)
1	Microjet	Café (cultura perene)	3 ha	2,4D Tebuconazol Flutriafol Glifosato Abamectina
	Aspersão por canhão	Milho (cultura anual)	1 ha	Paraquat
	Aspersão por canhão	Quiabo (cultura anual)	1 ha	Tiofanato-metílico Tebuconazol Metomil Abamectina
	Sem sistema de irrigação	Banana, Cacao, Jaboticaba (culturas perenes)	X	2,4D Glifosato
2	Microaspersão (Café 1-3anos) Aspersão por canhão (Café 9 anos)	Café (cultura perene)	-	2,4D Paraquat Flutriafol Glifosato
	Aspersão por canhão	Inhame	-	Paraquat
	Microjet	Jiló	-	Tiametoxam Deltametrina Lambda-cialotrina Mancozeb Acetamiprido Espiromesifeno Beta-ciflutrina Abamectina
	Aspersão por canhão	Milho	-	Não usa
	Microaspersão	Pimenta	-	Abamectina
	Microjet	Quiabo	-	Deltametrina Metomil
3	Micro Spray	Café (cultura perene)	1,65 ha	Glifosato Flutriafol
	Microaspersão	Banana (cultura perene)	1,26 ha	Carbofurano Flutriafol

p.a.: Princípio ativo dos agrotóxicos.

APÊNCICE D – Poços monitorados na bacia do córrego sossego x forma de proteção



Poços monitorados: Ponto 1 (A) e (B), Ponto 2 (C) e Ponto 3(D).

APÊNDICE E – Formulário de entrevista

1 - Caracterização das áreas cultivadas:

1.1- Principais culturas na propriedade:

1.2 -Tamanho da área plantada:

2 - Utiliza agrotóxico: () sim () não

2.2 - Em que época do ano:

2.3 - Quais os principais agrotóxicos (marca comercial, grupo químico ou classe agronômica):

3 - Usa fertilizantes: () sim () não

4 - Os agrotóxicos utilizados são adquiridos:

() Somente com receituário agrônomo

() Pela aquisição direta em casas comerciais especializadas.

9 - Local de aquisição dos agrotóxicos:

() casa de lavoura/revenda

() representante de empresa de agrotóxico

() outras:

10 - Local de armazenamento dos agrotóxicos

11 - O entrevistado recebe assistência técnica na região: () sim () não

12 - Quanto ao uso de água na propriedade rural:

12.1 - A água usada para o consumo humano provém de:

() Poço () Rio

12.2 - A água de irrigação provém de:

() Poço () Rio

12.3 - Nome de rio(s), riacho(s) e/ou ribeirão (ões) da propriedade:

13 - Reclamações referentes ao aspecto organoléptico (cor, odor e sabor)

APÊNDICE F - Propriedades físico-químicas de agrotóxico em uso na Microbacia do Córrego Sossego.
(continua)

Ingrediente ativo	S (mg L ⁻¹)	K _{OC} (mL g ⁻¹)	K _H Pa.m ³ .mol ⁻¹	DT ₅₀ Solo dias	DT ₅₀ Água dias
2,4 D	890 ⁽⁶⁾	20 ⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾	1,3 X 10 ⁻⁵⁽¹⁾⁽²⁾	10 ⁽¹⁾⁽⁶⁾	39 ⁽⁴⁾
2,4 D	27600 ⁽⁴⁾	56 ⁽¹⁾	1,3 X 10 ⁻⁵⁽¹⁾⁽²⁾	34 ⁽⁴⁾	730 ⁽²⁾
2,4 D	15150	32,4	1,3 X 10 ⁻⁵	15,6	384,5
ABAMECTINA	0,01 ⁽⁵⁾	5000 ⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾	2,7X10 ⁻³⁽¹⁾	14 ⁽⁵⁾	E ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁵⁾
ABAMECTINA	5 ⁽⁶⁾	5638 ⁽¹⁾	2,0X10 ⁻²⁽²⁾	60 ⁽⁵⁾	E ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁵⁾
ABAMECTINA	2,07	5159,5	1,3X10 ⁻²	32	E ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁵⁾
ACETAMIPRIDO	2.950 ⁽¹⁾⁽²⁾	107 ⁽¹⁾	5,3X10 ⁻⁸⁽¹⁾⁽²⁾	2,6 ⁽¹⁾	13 ⁽²⁾
ACETAMIPRIDO	4.200 ⁽⁵⁾	343 ⁽²⁾	5,3X10 ⁻⁸⁽¹⁾⁽²⁾	10 ⁽⁴⁾	812 ⁽²⁾
ACETAMIPRIDO	3440	225	5,3X10 ⁻⁸⁽¹⁾⁽²⁾	4,65	228,2
BETA-CIFLUTRINA	0,003 ⁽⁵⁾	0,0012 ⁽¹⁾	3,2X10 ⁻³⁽²⁾	13 ⁽¹⁾	215 ⁽¹⁾
BETA-CIFLUTRINA	0,0012 ⁽¹⁾⁽²⁾	0,0012 ⁽¹⁾	1,3X10 ⁻²⁽²⁾	27,8 ⁽¹⁾	270 ⁽²⁾
BETA-CIFLUTRINA	0,0018	0,0012 ⁽¹⁾	7,0X10 ⁻³	18	242,5
CARBOFURANO	320 ⁽³⁾⁽⁵⁾	22 ⁽³⁾⁽⁶⁾	2,5x10 ⁻⁵⁽²⁾	12,8 ⁽¹⁾	7 ⁽³⁾⁽⁷⁾
CARBOFURANO	700 ⁽²⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾	25 ⁽⁴⁾	5,0x10 ⁻⁵⁽¹⁾	120(3)	690 ⁽³⁾⁽⁷⁾
CARBOFURANO	470,5	23,07	1,285x10 ⁻⁴	45,98	158,15
CIMOXANIL	780 ⁽¹⁾⁽²⁾	43,6 ⁽¹⁾	3,8X10 ⁻⁰⁵⁽¹⁾	0,7 ⁽¹⁾	0,02 ⁽¹⁾⁽²⁾
CIMOXANIL	890 ⁽⁵⁾	43,6 ⁽¹⁾	3,3X10 ⁻⁰⁵⁽²⁾	3,5 ⁽¹⁾	1,1 ⁽¹⁾⁽²⁾
CIMOXANIL	816,67	43,6 ⁽¹⁾	3,48X10 ⁻⁵	1,87	0,56
CIPROCONAZOL	93 ⁽¹⁾	309 ⁽¹⁾	5,0X10 ⁻⁰⁵⁽¹⁾	142 ⁽¹⁾⁽¹⁾	E
CIPROCONAZOL	140 ⁽²⁾⁽⁵⁾	309 ⁽¹⁾	7,3X10 ⁻⁵⁽¹⁾	129 ⁽¹⁾	E
CIPROCONAZOL	124,33	309 ⁽¹⁾	6,49X10 ⁻⁵	137,67	E
DELTAMETRINA	0,0002 ⁽¹⁾⁽²⁾	10.240.000 ⁽¹⁾	5,0X10 ⁻¹⁽⁵⁾	7 ⁽³⁾	2,5 ⁽¹⁾⁽²⁾
DELTAMETRINA	0,002 ⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾	10.240.000 ⁽¹⁾	3,1X10 ⁻²⁽¹⁾⁽²⁾	26 ⁽¹⁾	31 ⁽¹⁾⁽²⁾
DELTAMETRINA	0,0014	10.240.000 ⁽¹⁾	1,9X10 ⁻¹	16,2	16,75
ENDOSSFAM	0,32 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾	11.500 ⁽¹⁾	1,48 ⁽¹⁾	27 ⁽⁴⁾	20 ⁽¹⁾
ENDOSSFAM	0,32 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾	12.400 ⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁶⁾	6,5861 ⁽⁵⁾	86 ⁽¹⁾	35 ⁽³⁾
ENDOSSFAM	0,32 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾	12.175	4,03	50,33	27,5
ESPIROMESIFENO	0,13 ⁽¹⁾	30.900 ⁽¹⁾	2,0X10 ⁻²⁽¹⁾	23 ⁽¹⁾	4,8 ⁽¹⁾
ESPIROMESIFENO	0,13 ⁽¹⁾	30.900 ⁽¹⁾	2,0X10 ⁻²⁽¹⁾	23,5 ⁽¹⁾	107,3 ⁽¹⁾
ESPIROMESIFENO	0,13 ⁽¹⁾	30.900 ⁽¹⁾	2,0X10 ⁻²⁽¹⁾	23,25	52,3
FLUTRIAFOL	95,0 ⁽¹⁾	205 ⁽¹⁾	1,65X10 ⁻⁸⁽⁵⁾	365 ⁽⁴⁾	30 ⁽⁴⁾
FLUTRIAFOL	130,0 ⁽⁵⁾	255 ⁽⁴⁾	1,27x10 ⁻⁶⁽¹⁾	1587 ⁽¹⁾	30 ⁽⁴⁾
FLUTRIAFOL	109,67	230	8,5 X 10 ⁻⁷	1042,5	30 ⁽⁴⁾
GLIFOSATO	10.500 ⁽¹⁾⁽²⁾	6.920 ⁽¹⁾⁽²⁾	4,13X10 ⁻¹⁴⁽⁵⁾	12 ⁽¹⁾	> 30 ⁽²⁾
GLIFOSATO	900.000 ⁽⁶⁾	24.000 ⁽⁶⁾	2,1X10 ⁻⁷⁽¹⁾⁽²⁾	100 ⁽⁷⁾	35 ⁽⁴⁾
GLIFOSATO	122575	19154,75	1,4 X 10 ⁻⁷	47,88	32,5
LAMBDA-CIALOTRINA	0,000853 ⁽⁵⁾	157.000 ⁽¹⁾	2,0X10 ⁻²⁽¹⁾⁽²⁾	25 ⁽¹⁾	E ⁽¹⁾⁽²⁾
LAMBDA-CIALOTRINA	0,005 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁶⁾	180.000 ⁽³⁾⁽⁴⁾	1,37 ⁽⁵⁾	65 ⁽¹⁾	7 ⁽¹⁾⁽²⁾
LAMBDA-CIALOTRINA	0,0042	172.333,30	4,7 X 10 ⁻¹	35	-
MANCOZEB	6 ⁽³⁾⁽⁶⁾	998 ⁽¹⁾	1,54X10 ⁻⁶⁽⁵⁾	0,1 ⁽¹⁾	< 1 ⁽²⁾⁽³⁾
MANCOZEB	20 ⁽²⁾	6.000 ⁽⁴⁾	5,9X10 ⁻⁴⁽¹⁾⁽²⁾	70 ⁽⁶⁾	166 ⁽⁴⁾
MANCOZEB	8,43	2.749,50	4,0 X 10 ⁻⁴	14,03	21,9
METOMIL	54.000 ⁽⁴⁾	25,2 ⁽¹⁾	2,13X10 ⁻⁶⁽¹⁾	6,97 ⁽¹⁾	30 ⁽²⁾⁽⁴⁾
METOMIL	58.000 ⁽²⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾	72 ⁽³⁾⁽⁶⁾	2,1X10 ⁻⁹⁽²⁾	46 ⁽⁴⁾	378 ⁽³⁾
METOMIL	56.816,67	53,05	1,37x 10 ⁻⁶	20,8	146,67

APÊNDICE F - Propriedades físico-químicas de agrotóxico em uso na Microbacia do Córrego Sossego. (conclusão)

Ingrediente ativo	S (mg L ⁻¹)	K _{oc} (mL g ⁻¹)	K _H Pa.m ³ .mol ⁻¹	DT ₅₀ Solo dias	DT ₅₀ Água dias
TIAMETOXAM	4.100 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾	64 ⁽⁴⁾	4,70X10 ⁻¹⁰⁽¹⁾⁽²⁾	39 ⁽¹⁾	6,08 ⁽⁴⁾
TIAMETOXAM	4.100 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾	70 ⁽¹⁾	4,70X10 ⁻¹⁰⁽¹⁾⁽²⁾	229 ⁽⁴⁾	640 ⁽²⁾
TIAMETOXAM	4.100 ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾	67	4,70X10 ⁻¹⁰⁽¹⁾⁽²⁾	109,75	167
TIOFANATO-METÍLICO	3,5 ⁽⁶⁾	207 ⁽¹⁾	8,1X10 ⁻⁰⁵⁽¹⁾⁽²⁾	0,6 ⁽¹⁾	0,7 ⁽¹⁾⁽²⁾
TIOFANATO-METÍLICO	26,6 ⁽⁵⁾	1.830 ⁽⁵⁾	1,23X10 ⁻⁴⁽⁵⁾	10 ⁽⁶⁾	867 ⁽¹⁾
TIOFANATO-METÍLICO	19,02	754	9,5 X 10 ⁻⁵	3,44	192,34
TEBUCONAZOL	32,0 ⁽⁴⁾	769,0 ⁽¹⁾	1 X 10 ⁻⁵⁽¹⁾⁽²⁾	55,8 ⁽¹⁾	28 ⁽⁴⁾
TEBUCONAZOL	38 ⁽²⁾	1.000 ⁽³⁾	1,47 X 10 ⁻⁵	597 ⁽⁴⁾	28 ⁽⁴⁾
TEBUCONAZOL	35,50	884,50	1,16 X 10 ⁻⁵	270	28 ⁽⁴⁾
PARAQUAT	620.000 ⁽¹⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾	1.000.000 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁶⁾	4,0X10 ⁻¹²⁽¹⁾	620 ⁽⁴⁾	6 ⁽⁶⁾
PARAQUAT	700.000 ⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾	1.000.000 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁶⁾	1,013X10 ⁻⁴⁽⁵⁾	5.000 ⁽¹⁾	30 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁴⁾
PARAQUAT	660.750	1.000.000 ⁽¹⁾⁽³⁾⁽⁶⁾	5,07 X 10 ⁻⁵	2.237	22

(1)Footprint; (2) Agritox; (3) Exttoxnet; (4) Pan; (5) Toxnet; (6) Osu; (7) Health Canada; (8) IPCS; (9) IARC.

APÊNDICE G - Características biológicas da água analisada.**Resultados dos parâmetros biológicos de qualidade das águas amostradas no período de maio a dezembro de 2010.**

Parâmetros	1R	2R	3R	4R	1P	2P	3P	1R	2R	3R	4R	1P	2P	3P	1R	2R	3R	4R	1P	2P	3P
	Maio							Junho							Julho						
Coliformes Totais (ind/100mL)	1.35x10 ³	8.5x10	5.20x10	1.02x10 ³	Ausente	Ausente	Ausente	1.30x10 ⁴	3.87x10 ³	7.27x10 ³	9.21x10 ³	4.5x10	>2.419,0	1.32x10	1.19x10 ⁴	6.09x10 ³	6.09x10 ³	3.99x10 ³	Ausente	Ausente	9
<i>E. Coli</i> (ind/100mL)	2.00x10	Ausente	Ausente	2.00x10	Ausente	Ausente	Ausente	1.07x10 ²	2.59x10 ²	4.50x10 ²	5.04x10 ²	Ausente	Ausente	Ausente	1.09x10 ³	2.00x10 ²	2.09x10 ²	5.20x10 ²	Ausente	Ausente	Ausente
	Agosto							Setembro							Outubro						
Coliformes Totais (ind/100mL)	9.88x10 ³	9.33x10 ³	-	5.12x10 ³	Ausente	Ausente	Ausente	x	8.84x10 ³	x	x	4.1	Ausente	2	7.20x10 ⁴	5.80x10 ⁴	x	x	1	8.5	9.8
<i>E. Coli</i> (ind/100mL)	1.00x10 ²	Ausente	X	3.10x10 ²	Ausente	Ausente	Ausente	x	2.00x10 ²	x	x	Ausente	Ausente	Ausente	3.60x10 ³	5.20x10 ²	x	x	Ausente	Ausente	Ausente
	Novembro							Dezembro							Janeiro						
Coliformes Totais (ind/100mL)	2.81x10 ⁴	1.6x10 ⁴	1.99x10 ⁴	x	Ausente	37.3	5.21x10 ²	7,06x0 ³	9,87x10 ³	8,86x10 ³	1,607x10 ⁴	Ausente	16.1	3,076x10 ³							
<i>E. Coli</i> (ind/100mL)	9.70x10 ²	5.20x10 ²	1.14x10 ³	x	Ausente	1	1.21x10 ²	1,0x10 ²	5,2x10 ²	4,8x10 ²	1,0x10 ²	Ausente	Ausente	8.6							

x : Ponto não amostrado; - : Dado não medido; ND: fora da faixa de detecção

APÊNDICE H - Características físico-químicas da água analisada.

(continua)

Resultados dos parâmetros de qualidade das águas amostradas nos meses de maio a dezembro de 2010.

Parâmetros	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço
		maio							junho							julho					
Nitrato (mg/L)	0,7	0,5	0,5	0,4	1,8	1,4	13,9	0,7	0,3	0,6	0,3	1	0,3	12	0,5	0,3	1	0,3	0,9	0,3	10,6
	agosto							setembro							outubro						
Nitrato (mg/L)	0,4	0,4	x	0,06	1	0,4	9,5	x	0,4	x	x	1,1	0,2	12,6	0,4	0,2	x	x	1,2	0,2	15
	novembro							dezembro													
Nitrato (mg/L)	0,5	0,3	0,7	0,2	1,1	0,02	17,4	0,50	0,40	1,10	0,20	1,70	0,20	11,90							
	maio							junho							julho						
Nitrito (mg/L)	0,2	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,02	ND	ND	ND	ND
	agosto							setembro							outubro						
Nitrito (mg/L)	ND	ND	x	ND	ND	ND	0,01	x	ND	x	x	ND	ND	ND	ND	ND	x	x	ND	ND	ND
	novembro							dezembro													
Nitrito (mg/L)	0,01	ND	0,02	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,02	ND	ND	ND	ND							
	maio							junho							julho						
pH	7,4	7,2	6,7	7,1	4,9	5,9	5,9	7,3	7,1	6,7	7	4,9	5,8	5,7	7	7	6,7	6,9	4,7	5,8	5,7
	agosto							setembro							outubro						
pH	7	7,1	x	6,8	5,0	5,9	5,7	x	7,5	x	x	5,0	6,0	5,7	7,12	7,01	x	x	5,0	5,9	5,6
	novembro							dezembro													
pH	7,33	6,9	6,9	7,04	5,1	6,1	5,6	7,4	7	6,9	7	5,0	6,0	5,7							

x : Ponto não amostrado; - : Dado não medido; ND: fora da faixa de detecção

APÊNDICE H - Características físico-químicas da água analisada.

(continua)

Resultados dos parâmetros de qualidade das águas amostradas nos meses de maio a dezembro de 2010.

Parâmetros	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço
	maio							junho							julho						
T água (° C)	19,5	20,2	22,5	22,5	24,5	25,4	24,9	21,6	21,2	20,5	20,6	24,9	24,7	25,6	17,3	20,1	23	21,3	22,1	24,8	28,7
	agosto							setembro							outubro						
T água (° C)	22,5	20,5	x	21,3	24,4	23,9	24,9	x	21,4	x	x	23,5	24,3	24,7	22,6	22,7	x	x	23,9	25	24,75
	novembro							dezembro													
T água (° C)	22,4	22,7	24,7	24,3	23	23	25,8	27,3	26,1	27,3	26,8	30,2	24,9	25,4							
	maio							junho							julho						
Condutividade (µs/cm)	110	60	90	90	70	70	230	120	60	90	100	70	70	220	105,4	59,8	107,1	97,6	64,5	69,5	202,7
	agosto							setembro							outubro						
Condutividade (µs/cm)	163	89	x	165	70	96	268	x	97	x	x	76	93	291	145	85	x	x	78	90	334
	novembro							dezembro													
Condutividade (µs/cm)	140	79	130	118	72	109	340	75	86	129	115	127	96	251							
	maio							junho							julho						
Turbidez	14,7	6,8	1,1	10,3	0,2	0,2	0,2	46,9	6,9	8,7	8,7	0,4	1	1,1	6,5	20,2	6,6	7,2	0,2	0,5	0,8
	agosto							setembro							outubro						
Turbidez	18,7	8,5	x	12,3	0,8	0,7	0,4	x	4,5	x	x	0,3	0,7	0,4	29,2	21,1	x	x	0,3	0,7	0,9
	novembro							dezembro													
Turbidez	17,1	17,9	8	29,5	0,4	6,7	2,7	6,2	29,6	6,8	16,9	0,3	0,3	1,3							

x: Ponto não amostrado; - : Dado não medido; ND: fora da faixa de detecção

APÊNDICE H- Características físico-químicas da água analisada.

(continua)

Resultados dos parâmetros de qualidade das águas amostradas nos meses de maio a dezembro de 2010.

Parâmetros	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço
		maio							junho							julho					
Cor Aparente	104	44	41	85	0	0	10	321	38	47	57	0	0	3	41	170	66	60	0	0	3
	agosto							setembro							outubro						
Cor Aparente	47,4	60	x	94,5	0	0	0	x	38	x	x	0	6,58	0	239,1	179	x	X	0	0,29	9,72
	novembro							dezembro													
Cor Aparente	117	120	69	211	0	34,9	9,72	60	227	75,7	148	0,3	3,4	6,6							
	maio							junho							julho						
Cor verdadeira	38	16	25	47	ND	ND	ND	95	0	3	16	ND	ND	ND	19	35	29	19	ND	ND	ND
	agosto							setembro							outubro						
Cor verdadeira	ND	0	x	ND	ND	ND	ND	x	10	x	x	ND	ND	ND	76	77	x	x	ND	1	1
	novembro							dezembro													
Cor verdadeira	ND	63	49	133	ND	4	1	32	143	60	119	ND	1	ND							
	maio							junho							julho						
OD (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5,2	x	7	7	6,7	6,9	4,7	5,8	5,7
	agosto							setembro							outubro						
OD (mg/L)	8,4	7,9	x	7,5	7,8	6,4	6,7	x	8,1	x	x	9,3	7,4	8	5,4	5	x	X	6,8	5	7,2
	novembro							dezembro													
OD (mg/L)	6,9	4,6	4,3	5,3	6,7	5,6	4,8	5,5	4,8	6,4	6,9	3,4	6,8	6,5							

x : Ponto não amostrado; - : Dado não medido; ND: fora da faixa de detecção

APÊNDICE H - Características físico-químicas da água analisada

(conclusão)

Resultados dos parâmetros de qualidade das águas amostradas nos meses de maio a dezembro de 2010.

Parâmetros	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço	1Rio	2Rio	3Rio	4Rio	1Poço	2Poço	3Poço
	maio							junho							julho						
DBO ₅ (mg/L)	7	4	6	X	-	-	-	5	3	4	4	-	-	-	4	3	3	4	-	-	-
	agosto							setembro							outubro						
DBO ₅ (mg/L)	6	6	x	7	-	-	-	x	5	x	x	-	-	-	6	4	x	x	-	-	-
	novembro							dezembro													
DBO ₅ (mg/L)	6	6	9	8	-	-	-	6	8	7	8	-	-	-							

x : Ponto não amostrado; - : Dado não medido; ND: fora da faixa de detecção

APÊNDICE I - Classificação das Águas Doces da Resolução CONAMA n° 357/2005

Limites máximos dos parâmetros da Classificação das Águas Doces da Resolução CONAMA n° 357/2005, analisados no Córrego Sosssego-ES, entre maio e dezembro de 2010.

Parâmetros	Limites previstos por classe de águas doces			
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
<i>E. coli</i> (ind/100mL)	≤ 200	≤ 1.000	≤ 4.000	Sem indicação
DBO ₅ ²⁰ (mg/L O ₂)	≤ 3,0	≤ 5,0	≤ 10	Sem indicação
OD (mg/L O ₂)	≥ 6,0	≥ 5,0	≥ 4,0	≥ 2
Turbidez (NTU)	≤ 40	≤ 100	≤ 100	Sem indicação
Cor verdadeira (Pt/L)	Cor natural do corpo de água	≤ 75	≤ 75	Sem indicação
pH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
Nitrato (mg/L N)	10	10	10	Sem indicação
Nitrito (mg/L N)	1,0	1,0	1,0	Sem indicação

Notas: DBO₅²⁰ – Demanda bioquímica de oxigênio com 5 dias de incubação à 20°C; OD- Oxigênio dissolvido; pH- potencial hidrogeniônico.

APÊNDICE J – Enquadramento

(continua)

Comparação entre os valores dos parâmetros analisados nas águas do Córrego Sossego entre maio e dezembro de 2010, e a Classificação de Águas Doces da Resolução CONAMA n° 357/2005.

Parâmetros	Meses monitorados	Valores dos parâmetros e classificação em que se enquadra por ponto de coleta					
		PT 1	Classe	PT 2	Classe	PT 3	Classe
<i>E. coli</i> (ind/100mL)	mai	2,0 x 10 ¹	1	Ausente	1	Ausente	1
	jun.	1,07 x 10 ²	1	2,59 x 10 ²	2	4,5 x 10 ²	2
	jul	1,09 x 10 ³	3	2,0 x 10 ²	2	2,09 x 10 ²	2
	ago.	1,0 x 10 ²	1	Ausente	1	x	x
	set.	x	x	2,0 x 10 ²	2	x	x
	out.	3,6 x 10 ³	3	5,2 x 10 ²	2	x	x
	nov.	9,7 x 10 ²	2	5,2 x 10 ²	2	1,14 x 10 ³	3
	dez.	1,0 x 10 ²	1	5,2 x 10 ²	2	4,8 x 10 ²	2
DBO ₅ (mg/L O ₂)	mai	7	3	4	2	6	3
	jun.	5	2	3	2	4	2
	jul	4	2	3	2	3	2
	ago.	6	3	6	3	x	x
	set.	x	x	5	2	x	x
	out.	6	3	4	3	x	x
	nov.	6	3	6	3	9	3
	dez.	6	3	8	3	7	3

Notas: DBO₅²⁰: Demanda bioquímica de oxigênio com 5 dias de incubação à 20°C; OD: Oxigênio dissolvido; pH: Potencial hidrogeniônico; x: Ponto não amostrado; -: Dado não medido; ND: Fora da faixa de detecção.

Período de seca: jun. à out; Período de chuva: mai/nov./dez.

APÊNDICE J – Enquadramento

(continua)

Comparação entre os valores dos parâmetros analisados nas águas do Córrego Sossego entre maio e dezembro de 2010, e a Classificação de Águas Doces da Resolução CONAMA n° 357/2005.

Parâmetros	Meses monitorados	Valores dos parâmetros e classificação em que se enquadra por ponto de coleta					
		PT 1	Classe	PT 2	Classe	PT 3	Classe
OD (mg/L O ₂)	mai	x	x	x	x	x	x
	jun.	x	x	x	x	x	x
	jul	7,0	2	7,0	2	6,7	1
	ago.	8,4	2	7,9	2	x	x
	set.	x	x	8,1	2	x	x
	out.	5,4	2	5,0	2	x	x
	nov.	6,9	2	4,6	3	4,3	3
	dez.	5,5	2	4,8	3	6,4	1
Turbidez (NTU)	mai	14,7	1	6,8	1	1,1	1
	jun.	46,9	2	6,9	1	8,7	1
	jul	6,5	1	20,2	1	6,6	1
	ago.	18,7	1	8,5	1	x	x
	set.	x	x	4,5	1	x	x
	out.	29,2	1	21,1	1	x	x
	nov.	17,1	1	17,9	1	8	1
	dez.	6,2	1	29,6	1	6,8	1

Notas: DBO₅²⁰: Demanda bioquímica de oxigênio com 5 dias de incubação à 20°C; OD: Oxigênio dissolvido; pH: Potencial hidrogeniônico; x: Ponto não amostrado; -: Dado não medido; ND: Fora da faixa de detecção.

Período de seca: jun. à out; Período de chuva: mai/nov./dez.

APÊNDICE J – Enquadramento

(continua)

Comparação entre os valores dos parâmetros analisados nas águas do Córrego Sossego entre maio e dezembro de 2010, e a Classificação de Águas Doces da Resolução CONAMA n° 357/2005.

Parâmetros	Meses monitorados	Valores dos parâmetros e classificação em que se enquadra por ponto de coleta					
		PT 1	Classe	PT 2	Classe	PT 3	Classe
Cor verdadeira (Pt/L)	mai	38	2	16	2	25	2
	jun.	95	4	0	1	3	2
	jul	19	2	35	2	29	2
	ago.	ND	1	0	1	x	X
	set.	x	X	10	2	x	X
	out.	76	4	77	4	x	X
	nov.	ND	1	63	2	49	2
	dez.	32	2	143	4	60	2
pH	mai	7,4	2	7,2	2	6,7	2
	jun.	7,3	2	7,1	2	6,7	2
	jul	7,0	2	7,0	2	6,7	2
	ago.	7,0	2	7,1	2	x	X
	set.	x	x	7,5	2	x	X
	out.	7,1	2	7,0	2	x	X
	nov.	7,3	2	6,9	2	6,9	2
	dez.	7,4	2	7,0	2	6,9	2

Notas: DBO₅²⁰: Demanda bioquímica de oxigênio com 5 dias de incubação à 20°C; OD: Oxigênio dissolvido; pH: Potencial hidrogeniônico; x: Ponto não amostrado; -: Dado não medido; ND: Fora da faixa de detecção.

Período de seca: jun. à out; Período de chuva: mai/nov./dez.

APÊNDICE J – Enquadramento

(conclusão)

Comparação entre os valores dos parâmetros analisados nas águas do Córrego Sossego entre maio e dezembro de 2010, e a Classificação de Águas Doces da Resolução CONAMA n° 357/2005.

Parâmetros	Meses monitorados	Valores dos parâmetros e classificação em que se enquadra por ponto de coleta					
		PT 1	Classe	PT 2	Classe	PT 3	Classe
Nitrato (mg/L N)	mai	0,7	2	0,5	2	0,5	2
	jun.	0,7	2	0,3	2	0,6	2
	jul	0,5	2	0,3	2	1,0	2
	ago.	0,4	2	0,4	2	x	x
	set.	x	x	0,4	2	x	x
	out.	0,4	2	0,2	2	x	x
	nov.	0,5	2	0,3	2	0,7	2
	dez.	0,5	2	0,4	2	1,1	2
Nitrito (mg/L N)	mai	0,2	2	ND	2	ND	2
	jun.	ND	2	ND	2	ND	2
	jul	ND	2	ND	2	0,02	2
	ago.	ND	2	ND	2	x	x
	set.	x	x	ND	2	x	x
	out.	ND	2	ND	2	x	x
	nov.	0,01	2	ND	2	0,02	2
	dez.	ND	2	ND	2	0,02	2

Notas: DBO520: Demanda bioquímica de oxigênio com 5 dias de incubação à 20°C; OD: Oxigênio dissolvido; pH: Potencial hidrogeniônico; x: Ponto não amostrado; -: Dado não medido; ND: Fora da faixa de detecção.

Período de seca: jun. à out; Período de chuva: mai/nov./dez.