



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

**BEATRIZ MOYSES VIEIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E DE SUA  
COMPATIBILIDADE COM OS USOS EM  
MICROBACIAS HIDROGRÁFICAS RURAIS COM  
DÉFICIT HÍDRICO QUANTITATIVO**

Vitória

2015

**BEATRIZ MOYSES VIEIRA**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E DE SUA  
COMPATIBILIDADE COM OS USOS EM MICROBACIAS  
HIDROGRÁFICAS RURAIS COM DÉFICIT HÍDRICO  
QUANTITATIVO**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Edmilson Costa  
Teixeira, Ph.D.

Vitória

2015

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

---

Vieira, Beatriz Moyses, 1986-

V658a Avaliação da qualidade das águas e de sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico quantitativo / Beatriz Moyses Vieira. – 2015.

122 f. : il.

Orientador: Edmilson Costa Teixeira.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Água – Qualidade. 2. Água – Uso. 3. Microbacias hidrográficas. 4. Recursos hídricos – Administração. 5. Déficit hídrico. I. Teixeira, Edmilson Costa Teixeira. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

---

BEATRIZ MOYSES VIEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS E DE SUA  
COMPATIBILIDADE COM OS USOS EM MICROBACIAS  
HIDROGRÁFICAS RURAIS COM DÉFICIT HÍDRICO  
QUANTITATIVO**

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

Aprovada em 16 de julho de 2015.

**COMISSÃO EXAMINADORA:**

---

**Prof. Edmilson Costa Teixeira, Ph.D.**

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador

---

**Prof. José Antônio Tosta dos Reis, D.S.C**

Universidade Federal do Espírito Santo

Examinador Interno

---

**Prof. Márcia Maria Rios Ribeiro, Ph.D.**

Universidade Federal de Campina Grande

Examinador Externo

Em memória de minha amada sobrinha e afilhada,  
***Elisa Vieira Grijó***, dedico esse trabalho. Com todo meu  
amor e minha imensa saudade.

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus pela vida.

Aos meus pais Marta e Rogério, e meus irmãos Felipe e Juliana, pelo amor, carinho, incentivo, paciência e auxílio para realização deste trabalho.

Ao professor Edmilson Costa Teixeira, pela oportunidade a mim oferecida, pela paciência, atenção, orientação e apoio.

Aos companheiros e amigos do LabGest, Andressa, Anna Paula, Danieli, Karla, Sara, Taísa, Irlan e Gustavo pelas conversas sempre estimulantes, pelo apoio no trabalho e também pelo companheirismo nos momentos difíceis e de cansaço.

Ao meu noivo Ricardo, pelo apoio incondicional, incentivo, ajuda no trabalho, paciência e, principalmente, por acreditar em mim.

Às amigas queridas, Camila, Carol e Roberta, por compreenderem a minha ausência e me apoiarem e incentivarem sempre.

A toda a minha família, avós, tios, primos, cunhados, sobrinhas, pela compreensão da minha ausência e por torcerem, rezarem e comemorarem comigo;

Aos examinadores Prof. José Antônio Tosta e Prof. Márcia Maria Rios Ribeiro.

Ao PPGEA/UFES, em especial a Rose Leão por toda atenção.

Ao Jean, do INCAPER, e aos produtores rurais da microbacia do córrego Bananal pela ajuda e boa recepção.

Aos colegas do GEARH e do LABSAN pelo apoio no trabalho.

À FAPES, por me ajudar a concretizar essa importante etapa, através da bolsa de estudo a mim oferecida.

A todos que, de alguma forma, auxiliaram neste trabalho.

*“Quando o ser humano entender que faz parte do mundo,  
muitas transformações ocorrerão  
ele não jogará mais o lixo nos lagos, rios e mares,  
porque saberá que são estas mesmas águas  
que correm em seu corpo.”*

*(T.P. Zylberberg)*

## RESUMO

O aumento da demanda por água devido ao crescimento demográfico, ao desenvolvimento socioeconômico e à conseqüente expansão da variedade de formas de uso dos recursos hídricos, tem ocasionado uma crescente redução da disponibilidade de água em várias partes do mundo. Tal fato tem gerado uma situação de déficit hídrico nessas regiões e, portanto, dificultado a dispersão dos poluentes que são despejados nos cursos d'água, comprometendo a qualidade dos mesmos. Reconhecendo-se a evidência de uma situação de criticidade quantitativa, somada ao agravamento da qualidade dos recursos hídricos, essa pesquisa objetivou avaliar a qualidade das águas e a sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico quantitativo. Para isso, tomou-se como referência uma região piloto, constituída por pequenas propriedades agrícolas de base familiar, onde foi realizada uma caracterização da área de estudo e do uso e ocupação do solo, a fim de se identificar os usos preponderantes da área de estudo, bem como avaliada a qualidade atual da água e a sua disponibilidade hídrica espaço-temporal, objetivando avaliar a influência da qualidade das águas nos usos e dos usos na qualidade, além de verificar a interferência gerada pela degradação da qualidade da água no déficit hídrico da região. Como resultados, observou-se que a qualidade da água encontra-se deteriorada e imprópria para consumo humano, irrigação de diversas culturas, recreação de contato primário e criação de peixes, o que agrava ainda mais a situação de escassez de água e gera um déficit hídrico quali-quantitativo na região estudada.

**Palavras chaves:** déficit hídrico; qualidade de água; usos da água; microbacias hidrográficas; gestão de recursos hídricos.

## ABSTRACT

The Increasing demand for water due to population growth, socioeconomic development and the consequent expansion of the variety of forms of water resources uses, has led to an increasing reduction in water availability in many parts of the world. This fact has generated a water deficit situation in those regions and thus hampered the dispersion of pollutants that are discharged into waterways, compromising quality. Admitting the evidence of a situation of quantitative criticality, added to worsening quality of water resource, this research aimed to evaluate the water quality and its compatibility with the uses in rural watersheds with quantitative water deficit. For this, was considered a pilot region consisting of small family-based farmers, where was carried out a characterization of the study area and the land use and occupation. After this, was assessed the current water quality and its availability, in order to evaluate the influence of water quality in the uses and the uses in quality, and check the interference caused by water quality degradation in the water deficit at the region. As result, it was observed that in addition to problems of water availability, the water quality is deteriorating and it is unfit for human consumption, irrigation of diverse cultures, primary contact recreation and fish farming, which further aggravates the situation water scarcity and generates a qualitative and quantitative water deficit in the region studied.

**Keywords:** water deficit; water quality; water use; watersheds; water resources management.

## **LISTA DE SIGLAS**

ANA – Agência Nacional de Águas

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

DEA/UFES - Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo

GEARH– Grupo de Estudos e Ações em Recursos Hídricos

HIDROLAB – Laboratório de Hidráulica e Monitoramento Ambiental

INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural

LABGEST – Laboratório de Gestão de Recursos Hídricos e Desenvolvimento Regional

OD – Oxigênio Dissolvido

pH – Potencial Hidrogeniônico

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

TAC – Termo de Ajustamento de Conduta

VMP – Valor Máximo Permitido

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação de usos do solo na bacia do Córrego Bananal, Itarana/ES .63	
Tabela 2: Resumo de medição de descarga líquida no Córrego Bananal. Campanhas 1 e 2 (janeiro e maio de 2014).....	74
Tabela 3 :. Precipitações pluviométricas medidas nos períodos de campanhas (ANA, 2014). .....	77

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Descrição da localização dos pontos de monitoramento.....	51
Quadro 2 – Principais Características dos pontos de estudo .....	66
Quadro 3 - Resultados dos parâmetros de qualidade da água superficial obtidos no córrego Bananal e reservatórios .....	78
Quadro 4 - Resultados dos parâmetros de qualidade da água subterrânea obtidos na microbacia do córrego Bananal .....	79

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Vazões medidas nas seções de monitoramento no Córrego Bananal. Campanhas de janeiro (campanha 1) e maio (campanha 2) de 2014. ....	75
Gráfico 2: Velocidades medidas nas seções de monitoramento no Córrego Bananal. Campanhas de janeiro (campanha 1) e maio (campanha 2) de 2014. ....	75
Gráfico 3: Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	80
Gráfico 4: Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/l) monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	80
Gráfico 5: Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/l) monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	80
Gráfico 6: Valores de Temperatura (°C) monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	82
Gráfico 7: Valores de Temperatura (°C) monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	83
Gráfico 8: Valores de Temperatura (°C) monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	83
Gráfico 9: Valores de Sólidos Dissolvidos (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	84
Gráfico 10: Valores de Sólidos Dissolvidos (mg/l) monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	84
Gráfico 11: Valores de Sólidos Dissolvidos (mg/l) monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	85
Gráfico 12: Valores de Turbidez (NTU) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	85
Gráfico 13: Valores de Turbidez (NTU) monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	86
Gráfico 14: Valores de Turbidez (NTU) monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	86
Gráfico 15: Valores de pH nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	88

Gráfico 16: Valores de pH monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	88
Gráfico 17: Valores de pH monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	88
Gráfico 18: : Valores de Condutividade nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	89
Gráfico 19: Valores de Condutividade monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	90
Gráfico 20: Valores de Condutividade monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	90
Gráfico 21:Valores de Coliformes Termotolerantes (NPM/100 ml) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	91
Gráfico 22: Valores de Coliformes Termotolerantes (NPM/100 ml) nos pontos monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	92
Gráfico 23: Valores de Coliformes Termotolerantes (NPM/100 ml) nos pontos monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014. ....	92
Gráfico 24: Valores de Nitrogênio Amoniacal (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	94
Gráfico 25: Valores de Nitrogênio Amoniacal (mg/l) nos pontos monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	94
Gráfico 26: Valores de Nitrogênio Amoniacal (mg/l) nos pontos monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	94
Gráfico 27: Valores de Fósforo Total (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	95
Gráfico 28: Valores de Fósforo Total (mg/l) nos pontos monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	96
Gráfico 29: Valores de Fósforo Total (mg/l) nos pontos monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	96

Gráfico 30: Valores de DBO (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	98
Gráfico 31: Valores de Fósforo DBO córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.....	98

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Classes de águas doces e respectivos usos (Adaptado de ANA, 2009).....	30
Figura 2 - (a) Linímetro de bóia e contrapeso; (b) Seção de réguas linimétricas .....	38
Figura 3: Micromolinete usualmente utilizado para medição de velocidade em locais com lâmina d'água mínima de 4 cm (Fonte: Hidromec - www.hidromechc.com.br .....	38
Figura 4: Esquematização da medição da vazão de um corpo hídrico com o método Flutuador.....	38
Figura 5: (a) Planta baixa de uma típica Calha Parshall. (b) Calha Parshall utilizada para monitoramento na bacia escola urbana (Adaptado de Silveira, 2007). .....	39
Figura 6: Medição de vazão através do método volumétrico direto na bacia do córrego Sossego (Adaptado de LABGEST, 2011c).....	39
Figura 7: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Sossego – adaptado de POLONI (2010).....	45
Figura 8: Sub-bacias hidrográficas do Córrego Sossego (Organizado por Tesch, P.C. e Cordeiro, G., 2013) .....	47
Figura 9: Macrolocalização dos pontos monitorados (Organizado por Perini, I. L., 2013) .....	52
Figura 10 – Procedimento de medição, coleta e armazenagem das amostras de água.....	54
Figura 11: Procedimento de Medição de Vazão.....	59
Figura 12: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Córrego Bananal, Itarana/ES (Adaptado de POLONI, 2010).....	62
Figura 13: Mapa de declividade da bacia do Córrego Bananal, Itarana/ES. Organizado por Ribeiro, A.P., 2014).....	64
Figura 14: Caracterização pedológica da bacia do córrego Bananal. Organizado por Ribeiro, A.P., 2014). .....	65
Figura 15: fotos dos pontos P1-1 (córrego), P1-2 (reservatório). .....	68
Figura 16: Localização dos pontos P2-1 (córrego), P2-2 (reservatório). .....	69
Figura 17: Localização dos pontos P3-1 (córrego), P3-2 (reservatório). .....	70
Figura 18: Localização dos pontos P4-1 (córrego), P4-2 (reservatório). .....	71
Figura 19: Localização dos pontos P5-1 (Córrego) e P5-2 (Reservatório). .....	72
Figura 20: Localização dos pontos P6-1 (córrego), P6-2 (reservatório). .....	73

Figura 21: Mapa Ilustrativo de Usos Mais Restritivos x Parâmetros em desconformidade. ....	101
Figura 22: Qualidade desejada x Qualidade Atual Córrego - Campanha 1 – período chuvoso. ....	102
Figura 23: Qualidade desejada x Qualidade Atual Córrego - Campanha 2 – período seco. ....	103

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	19
2. OBJETIVOS.....	23
2.1. OBJETIVO GERAL .....	23
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	23
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	24
3.1. GESTÃO INTEGRADA DE RECURSOS HÍDRICOS .....	24
3.2. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE BACIA HIDROGRÁFICA.....	26
3.3. ASPECTOS QUALITATIVOS DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	27
3.4. RESOLUÇÕES CONAMA Nº 357/2005, Nº 430/2011 E Nº 396/2008 E PORTARIA Nº 518/2004 DO MINISTÉRIO DA SAÚDE. 29	
3.5. PARÂMETROS DE QUALIDADE DAS ÁGUAS .....	32
3.6. ASPECTOS QUANTITATIVOS DOS RECURSOS HÍDRICOS.....	36
3.7. ASPECTOS DE USO DO SOLO E DA ÁGUA .....	40
3.8. A UTILIZAÇÃO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NO DIAGNÓSTICO DE MICROBASIAS HIDROGRÁFICAS .....	42
4. METODOLOGIA .....	44
4.1. CARACTERIZAÇÃO E ESCOLHA DA ÁREA DE ESTUDO.....	44
4.2. DIAGNÓSTICO DOS USOS PREPONDERANTES .....	48
4.3. ESCOLHA DOS PONTOS DE MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVOS DA ÁGUA .....	49
4.4. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO ATUAL DA QUALIDADE DA ÁGUA .....	53
4.5. DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	56
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	60
5.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	60
5.2. DESCRIÇÃO DAS PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PONTOS DE ESTUDO.....	66
5.3. DIAGNÓSTICO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL.....	74
5.4. ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NOS USOS E DOS USOS NA QUALIDADE .....	77
5.5. INFLUÊNCIA DA QUALIDADE DAS ÁGUAS NO DÉFICIT HÍDRICO DA MICROBACIA.....	104
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	105
6.1. CONCLUSÕES .....	105
6.2. RECOMENDAÇÕES .....	108
7. REFERÊNCIAS .....	109

## 1. INTRODUÇÃO

O crescimento demográfico e o desenvolvimento socioeconômico são frequentemente acompanhados pelo aumento na demanda por água, cuja quantidade e qualidade em padrões adequados são de fundamental importância para a saúde e desenvolvimento de qualquer comunidade, visto que a água é essencial para a manutenção da vida, bem como para a autossuficiência econômica de uma região. No entanto, a pressão antropogênica exercida sobre os recursos hídricos tem resultado em uma variedade de efeitos prejudiciais, principalmente no que tange à sua disponibilidade hídrica quali-quantitativa, fato que tem gerado grande preocupação aos pesquisadores, administradores e gerentes que atuam nas diversas áreas do conhecimento (CUNHA, 2009).

O aumento da demanda por água é consequência da expansão da variedade de formas de uso dos recursos hídricos, o que tem ocasionado uma crescente redução da disponibilidade hídrica em várias partes do mundo (MENDES, 2007). Além disso, essa variedade de usos e a escassez de água acarretam na geração de inúmeros conflitos, podendo induzir à captação clandestina, bem como provocar aumento de carga orgânica e inorgânica (LANNA, 1993, 2008; TUCCI, 2004).

Tal situação é notória, principalmente, em regiões com déficit hídrico, a qual pode ser observada em grandes centros urbanos e em regiões rurais. Nessas regiões, a escassez de água pode estar relacionada tanto a condicionantes naturais, bem como a fatores antrópicos, tais como a contaminação e o desperdício das águas, o uso excessivo e descontrolado dos recursos hídricos e a redução do potencial natural de fornecimento. Em períodos de estiagem essa situação fica ainda mais crítica, e os conflitos tornam-se maiores em face da redução da oferta e, concomitante aumento de demanda por água (GARCIA *et al.*, 2007).

Nessas bacias consideradas críticas, as retiradas excessivas de água superam a disponibilidade hídrica e influenciam negativamente nos dados de vazão,

fazendo com que, em muitos momentos, nem mesmo a vazão ecológica, seja mantida e, além disso, levam os corpos de água a uma situação de intermitência. Tal fato dificulta o transporte, espalhamento e dispersão dos poluentes / contaminantes que são despejados nos cursos d'água, fazendo com que, nesses casos em que não há escoamento superficial, o nível de contaminação dos recursos hídricos torne-se mais elevado e a qualidade das águas fique comprometida (OLIVEIRA *et al.*, 2010).

Segundo Matos *et. al* (2007), esse comprometimento da qualidade das águas é um fator que torna ainda mais grave a situação dessas regiões, levando à necessidade de se aumentar os custos de tratamento e cuidados com as águas e, principalmente, restringindo os usos dos recursos hídricos devido ao fato de eles não estarem compatíveis com os mesmos.

Reconhecendo-se a evidência de uma situação de criticidade quantitativa dos recursos hídricos, somada à destruição gradual e ao agravamento da qualidade da água em muitas bacias hidrográficas, além da implantação de atividades em desacordo com o desenvolvimento sustentável, indica-se, como melhor caminho, o planejamento e o manejo integrados desses recursos (CRUZ, 2001; TUNDISI; TUNDISI, 2011). É importante que se considere, nessa integração, tanto as águas superficiais, como as subterrâneas. Além disso, é de extrema relevância, que seja levada em consideração a indissociabilidade dos aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos, bem como o caráter multissetorial do desenvolvimento dos recursos hídricos no contexto do desenvolvimento socioeconômico e, também, os interesses múltiplos na utilização desses recursos para o abastecimento de água potável, saneamento, agricultura, indústria, desenvolvimento urbano, geração de energia hidroelétrica, pesqueiros de águas interiores, transporte, recreação, manejo de terras baixas e planícies, dentre outras atividades (AGENDA 21, 1996).

O planejamento integrado dos recursos hídricos é uma ferramenta indispensável e fundamental para que se possam compatibilizar os diversos usos da água, nos diferentes setores produtivos (PAZ *et al.*, 2000). Para efetivá-lo, torna-se necessária a realização de um diagnóstico conjunto da disponibilidade e da qualidade hídrica, o qual é uma das melhores alternativas

para se identificar os impactos que afetam a qualidade da água e a sua disponibilidade hídrica, bem como para propor medidas preventivas e/ou corretivas, visando diminuir os conflitos e viabilizar a utilização dos recursos

É importante ressaltar que, nesses estudos, a quantidade e a qualidade de água devem ser interdependentes, já que a análise das condições qualitativas de um curso d'água depende do conhecimento das condições quantitativas. As análises qualitativas de água necessitam de uma base de dados confiável a respeito de quantidade de água, para que seja possível prever adequadamente todas as consequências de ações executadas na região e, ainda, possam ser planejadas medidas visando a redução de efeitos ambientais negativos. Além disso, é fundamental que os aspectos de quantidade da água estejam cada vez mais interligados com o tipo de água transportado, em termos de sedimentos e qualidade da água (PAIVA; PAIVA, 2001).

De acordo com Rodriguês e Pissarra (2007), a escolha dos parâmetros e métodos a serem analisados e utilizados na realização do monitoramento e diagnóstico quali-quantitativo dos recursos hídricos, bem como a realização dos estudos com base em uma variação temporal e espacial, podem auxiliar enormemente na identificação correta das fontes degradadoras da área de estudo e nos impactos causados ao meio ambiente. Assim, é fundamental que a identificação de tais métodos e parâmetros seja realizada dentro do contexto e das características e particularidades de cada região (ZALIDIS *et al.*, 2002).

Apesar da enorme importância da realização desses estudos integrados, a gestão da qualidade da água no país não tem historicamente merecido o mesmo destaque dado à gestão da quantidade de água, quer seja no aspecto legal ou nos arranjos institucionais em funcionamento no setor, quer seja no planejamento e na operacionalização dos sistemas de gestão (PORTO, 2002). Entretanto, como exposto, os projetos quali-quantitativos de análise dos recursos hídricos em pequenas bacias hidrográficas vêm apresentando importância crescente, tanto no meio urbano, como no meio rural (PAIVA; PAIVA, 2001). O estado do Espírito Santo, por sua vez, monitora sistematicamente a qualidade de água, deixando a desejar a avaliação

quantitativa de seus recursos hídricos. No entanto, tais estudos são observados apenas para bacias de grande escala.

A principal razão da ênfase sobre estudos hidrológicos e de qualidade da água no nível de pequenas bacias, diz respeito a uma carência de informações e técnicas relacionadas às mesmas, bem como a existência de muitos dados inconsistentes nessas escalas. Além disso, pequenas bacias hidrográficas permitem a realização de estudos de diversos processos do ciclo hidrológico e das inter-relações existentes entre eles (PAIVA; PAIVA, 2001; SILVEIRA *et al.*, 1998).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo Geral

Avaliar a qualidade das águas e a sua compatibilidade com os usos em microbacias hidrográficas rurais com déficit hídrico quantitativo.

### 2.2. Objetivos Específicos

Para uma região piloto:

**Objetivo Específico 1:** Identificar os usos preponderantes na área de estudo.

**Objetivo Específico 2:** Analisar a influência da qualidade das águas nos usos e dos usos na qualidade.

**Objetivo Específico 3:** Verificar a interferência da qualidade das águas no déficit hídrico da microbacia.

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Gestão Integrada de Recursos Hídricos

O gerenciamento dos recursos hídricos pode ser traduzido como um instrumento que orienta o poder público e a sociedade, em longo prazo, na utilização e monitoramento dos recursos ambientais naturais, econômicos e socioculturais, na área de abrangência de uma bacia hidrográfica, de forma a promover o desenvolvimento sustentável (LANNA, 1995; MUÑOZ, 2000, TUCCI, 2004).

O planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica requerem um conhecimento profundo dos mesmos. Isto implica em dispor ao longo do tempo, assim como no espaço geográfico da bacia hidrográfica, de informações relativas às quantidades de água armazenadas, às vazões na rede de drenagem, aos usos dos recursos hídricos e a qualidade da água (PASSERAT DE SILANS et al., 2000; REBOUÇAS, 2004).

Os objetivos e as diretrizes para o gerenciamento das águas brasileiras são estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH, instituída pela Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997). A referida política fundamenta-se numa gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos, na qual haja um envolvimento não só do poder público, mas de todos os usuários e das comunidades. Tal gestão deve proporcionar os usos múltiplos das águas e, em situações de escassez, a referida gestão preconiza que os usos devem ser priorizados para o consumo humano e a dessedentação de animais. A PNRH reconhece a água como um bem de domínio público, de disponibilidade limitada e dotada de valor econômico e define a bacia hidrográfica como a unidade territorial a ser considerada para a sua implementação, bem como para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH.

Para a efetivação de suas premissas, a PNRH tem como instrumentos o Plano de Recursos Hídricos, o Enquadramento de Corpos de Água, a Outorga, a Cobrança pelo Uso da Água e o Sistema de Informações sobre Recursos

Hídricos, que teoricamente, no seu conjunto, permitem a atuação da gestão dos recursos hídricos nas várias escalas geográficas, incluindo as pequenas/micro bacias hidrográficas (LABGEST, 2011a).

Dentre os instrumentos citados, àquele que apresenta mais estreita relação com a qualidade das águas é o enquadramento de corpos de água. A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA nº 357/2005, define o sistema de classificação dos corpos d'água e dá diretrizes ambientais para o enquadramento, e o define como o instrumento responsável pelo estabelecimento de metas ou objetivos de qualidade da água (classes) a serem, obrigatoriamente, alcançadas ou mantidas em um segmento de corpo hídrico, de acordo com os usos preponderantes pretendidos, ao longo do tempo (CONAMA, 2005). Segundo a PNRH (1997), o enquadramento dos corpos de água em classes visa assegurar 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.

As principais regulamentações para o enquadramento de corpos de água são as resoluções do CONAMA e do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). As Resoluções CONAMA números 357/2005 e 396/2008 estabelecem, respectivamente, os níveis de qualidade para as águas superficiais e subterrâneas, e a resolução nº 430 do CONAMA altera parcialmente e complementa a Resolução nº 357/05. Todas essas resoluções serão mais detalhadamente abordadas a seguir.

Já os procedimentos para a realização do enquadramento de corpos de água superficial e subterrânea são estabelecidos pela Resolução nº 91 do CNRH, de novembro de 2008. Conforme consta em seu Art. 3º (CNRH, 2008), a proposta de enquadramento deverá abordar quatro etapas, sendo elas: diagnóstico, prognóstico, propostas de metas relativas às alternativas de enquadramento e programa de efetivação do enquadramento.

Dentre esses procedimentos, o desenvolvimento da etapa de diagnóstico é o que deve levantar o maior número de informações disponíveis sobre a situação atual da bacia hidrográfica, principalmente no que diz respeito ao uso das

águas e ao uso e ocupação do solo, bem como os respectivos impactos sobre os recursos hídricos, de maneira que seja possível obter como resultado a situação quantitativa e qualitativa dos corpos de água analisados (ANA, 2009; BRITES, 2010).

### **3.2. Diagnóstico ambiental de Bacia Hidrográfica**

O manejo integrado de bacias hidrográficas consiste na elaboração de diagnósticos básicos, os quais quantificam os problemas da bacia, analisam os conflitos e recomendam soluções em todos os níveis possíveis, integrando conclusões e recomendações para a recuperação do meio ambiente (MONTGOMERY *et al.*, 1995; SILVA; RAMOS, 2001; MARTINS, 2012).

O diagnóstico ambiental de uma bacia hidrográfica deve ter foco na situação atual da qualidade das águas em corpos de água superficiais e subterrâneos, observando-se sempre a correlação com os seus usos. Além disso, devem ser considerados, nesse diagnóstico, aspectos biofísicos, socioeconômicos e geopolíticos interdependentes. Devem ser observados os aspectos relacionados à disponibilidade, à demanda, à qualidade da água, aos usos do solo, aos usos da água e aos conflitos a eles relacionados. Esses aspectos técnicos deverão estar referidos à dinâmica sócio-ambiental da região e envolver a articulação das diferentes áreas do conhecimento relacionadas ao tema (AMARO, 2009).

O diagnóstico deve ser baseado, fundamentalmente, em quatro etapas principais, sendo elas: a identificação dos usos preponderantes; o diagnóstico das fontes de poluição e da qualidade de água; a identificação das áreas reguladas por legislação específica; e a descrição dos planos e programas previstos para a bacia. Todas as informações coletadas sobre a situação atual da bacia deverão ser sistematizadas e consolidadas, elaborando assim um diagnóstico integrado da situação atual da bacia, a ser apresentado à comunidade por meio de consultas públicas. É fundamental que o diagnóstico considere as relações de causa e efeito que determinam as condições de qualidade e quantidade de recursos hídricos da bacia hidrográfica (ANA, 2009).

### 3.3. Aspectos Qualitativos dos Recursos Hídricos

A água apresenta, dentre suas principais propriedades, a capacidade de solubilizar outras substâncias, bem como a capacidade de transportar partículas. Devido a isso, a água incorpora, entre suas moléculas, inúmeros componentes, os quais são capazes de definir a sua qualidade (VON SPERLIN, 2005). Além de ser influenciada por essas propriedades, a qualidade da água também está relacionada aos fenômenos naturais influenciados pela cobertura e composição do solo, bem como pelo seu uso e ocupação em uma determinada bacia hidrográfica (LOUZADA e FONSECA, 2002).

Para se realizar uma correta gestão dos recursos hídricos brasileiros é fundamental que se tenha conhecimento sobre a qualidade de suas águas, para que, dessa forma, o uso múltiplo das águas, preconizado pela Política Nacional de Recursos Hídricos, seja alcançado. A existência de água com qualidade adequada é requisito essencial para a manutenção dos ecossistemas aquáticos e para as variadas atividades humanas, tais como o abastecimento doméstico, a irrigação, o uso industrial, a dessedentação de animais, a aquicultura, a pesca, o turismo, dentre outras (ANA, 2012).

Os principais agentes poluidores das águas são: sólidos em suspensão; matéria orgânica biodegradável; nutrientes; organismos patogênicos, como os coliformes; matéria orgânica não biodegradável, tais como agrotóxicos, alguns detergentes, produtos farmacêuticos, etc; metais; e sólidos inorgânicos dissolvidos. Estes potenciais poluentes são advindos tanto de áreas urbanas como de áreas rurais e são, frequentemente, originários de fontes como os esgotos domésticos, despejos industriais, efluentes agrícolas e de criação de animais, além do escoamento superficial (VON SPERLING, 2005).

Em casos onde a qualidade da água encontra-se inapropriada, degradada ou deteriorada por esses agentes poluidores, vários são os impactos ambientais, sociais e econômicos que podem ser observados. Dentre eles, podem-se citar, entre outros, a perda da biodiversidade, o aumento de doenças de veiculação hídrica, o aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e ao uso agrícola e industrial, a perda ou diminuição

de produtividade na agricultura e na pecuária, a redução ou impossibilidade da pesca e o dano aos valores turísticos, culturais e paisagísticos (ANA, 2012).

O monitoramento e diagnóstico da qualidade das águas têm por finalidade fornecer subsídios ou dados para a elaboração e avaliação de ações e planos efetivos de recuperação e prevenção dos ambientes aquáticos, garantindo as condições adequadas aos múltiplos usos atuais e futuros dos recursos hídricos, como preconizado na PNRH (AMARO, 2009).

Segundo Von Sperling (2001), a implementação de programas de monitoramento de ambientes aquáticos está atrelada a vários fatores, dentre eles podem ser destacados o conhecimento do corpo d'água; a identificação de eventuais problemas; a avaliação dos efeitos de medidas de recuperação; a verificação da conformidade da qualidade com os usos previstos; bem como a comparação do estado atual do corpo hídrico com os padrões e recomendações vigentes nas legislações atuais. Além disso, o autor considera que o monitoramento de poucos parâmetros com coletas frequentes é considerado mais confiável do que monitoramentos onde são considerados muitos parâmetros com coletas esparsas.

Um importante aspecto na avaliação da qualidade da água em um corpo hídrico é o acompanhamento de sua tendência de evolução no tempo, possibilitando, dessa forma, a identificação de medidas preventivas, bem como a eficiência de algumas medidas a serem adotadas. A avaliação da qualidade da água, bem como sua evolução no tempo e no espaço, só será possível através da implementação de programas sistemáticos de monitoramento, resultando em séries históricas que, futuramente, possam ser analisadas a fim de estabelecerem-se padrões de distribuição sazonais e espaciais para indicadores bióticos e abióticos. Os conhecimentos destas variações poderão ser manipulados e utilizados para a previsão da qualidade da água durante o ano hidrológico (FREIRE, 2000).

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

Existe uma enorme variedade de indicadores que expressam aspectos parciais da qualidade das águas. No entanto, não existe um indicador único que sintetize todas as variáveis de qualidade da água. Geralmente são usados indicadores para usos específicos, tais como o abastecimento doméstico, usos agrícolas, a preservação da vida aquática e a recreação de contato primário (balneabilidade) (ANA, 2012). Por isso, a Resolução no 91/2008 do CNRH estabelece que o conjunto de parâmetros de qualidade da água a ser adotado para a avaliação de sua qualidade deve ser definido em função dos usos atuais e pretendidos dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (ANA, 2009).

Os padrões de qualidade da água são utilizados para regulamentar os níveis de qualidade a serem mantidos ou obtidos em um corpo d' água, estando de acordo com os usos a que se destinam. O uso dos padrões de qualidade atende a dois propósitos. O primeiro é manter a qualidade do curso d' água ou definir a meta a ser atingida para o mesmo; e o outro é servir como base para definir os níveis de tratamento a serem adotados na bacia, de modo que os poluentes lançados não alterem as características do curso de água que foram estabelecidas pelo padrão (PORTO et al., 1991). Para isso, existem legislações específicas que estabelecem os limites dos parâmetros permitidos e adequados para os diferentes usos, tais como as Resoluções CONAMA 357/2005 e 430/2011 e Resolução CONAMA Nº 396/2008, descritas a seguir.

#### **3.4. Resoluções CONAMA nº 357/2005, nº 430/2011 e nº 396/2008 e Portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde.**

No Brasil, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) em sua Resolução nº 357, de março de 2005, estabelece níveis de qualidade para as águas, avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar o uso das águas doces, salinas e salobras (CONAMA, 2005). A referida resolução foi implementada em substituição à Resolução CONAMA nº 20, de 1986 e, no ano de 2011, foi complementada e atualizada com a Resolução CONAMA nº 430, a qual dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. Já a Resolução CONAMA nº 396, de abril de 2008

estabelece níveis de qualidade para águas subterrâneas considerando os usos preponderantes (CONAMA, 2008).

A resolução CONAMA nº 357/2005 classifica as águas do território brasileiro, de acordo com a sua salinidade, em águas doces (salinidade inferior ou igual a 0,5%) salobras (salinidade entre 0,5% e 30%) e salinas (salinidade superior a 30%). Quanto às águas doces, que são objeto do presente projeto de pesquisa, a Resolução CONAMA nº 357/2005, as classifica em cinco classes, sendo elas: classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Uma esquematização resumida das classes definidas por essa resolução para as águas doces, bem como dos usos a que são destinadas, pode ser visualizada na figura 1:

USOS DAS ÁGUAS DOCES		CLASSES DE ENQUADRAMENTO				
		ESPECIAL	1	2	3	4
Preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas 		Classe mandatória em Unidades de Conservação de Proteção Integral				
Proteção das comunidades aquáticas 			Classe mandatória em Terras Indígenas			
Recreação de contato primário 						
Aquicultura 						
Abastecimento para consumo humano 		Após desinfecção	Após tratamento simplificado	Após tratamento convencional	Após tratamento convencional ou avançado	
Recreação de contato secundário 						
Pesca 						
Irrigação 			Hortalças consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película	Hortalças, frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer,	Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras	
Dessedentação de animais 						
Navegação 						
Harmonia paisagística 						

Observação: As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água.

Figura 1: Classes de águas doces e respectivos usos (Adaptado de ANA, 2009)

A publicação da Resolução CONAMA nº 357, de 2005, representou um importante avanço em termos técnicos e institucionais para a gestão da qualidade das águas. Entre estes avanços, podem ser destacados: a inclusão

de novos atributos de qualidade de águas, e a revisão dos atributos da Resolução CONAMA nº 20, de 1986; a definição de que as metas de qualidade da água deverão ser atingidas em regime de vazão de referência, excetuados os casos em que a determinação hidrológica dessa vazão não seja possível; e a definição do conceito de progressividade para o alcance das metas de enquadramento.

Em 13 de maio de 2011, foi publicada a resolução nº 430, que dispõe sobre os parâmetros, condições, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de águas receptores e altera e complementa a resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

Já a Resolução CONAMA 396 de 03 de abril de 2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento, condições e padrões de qualidade e prevenção e controle da poluição das águas subterrâneas, por meio da quantificação de parâmetros físicos, químicos e biológicos. A resolução classifica as águas subterrâneas em seis classes: especial, classe 1, classe 2, classe 3, classe 4 e classe 5, sendo a classe especial a mais restritiva, tratando das águas dos aquíferos ou parte deles, destinados à preservação de ecossistemas, e a classe 5 a menos restritiva, tratando, em conjunto com as águas de classes 3 e 4, de águas de aquíferos que já tem alteração em sua qualidade devido à interferência antrópica.

Com relação à portaria nº 518 de 2004 do Ministério da Saúde (MS), a mesma estabelece os procedimentos e as responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano, bem como seu padrão de potabilidade. Essa portaria estabelece que a água produzida e distribuída para consumo humano deve ser controlada, bem como a quantidade mínima e a frequência com que as amostras de água devem ser coletadas, além dos parâmetros e limites permitidos para esse uso.

As referidas resoluções e portaria determinam os parâmetros qualitativos dos recursos hídricos, atribuindo a eles valores limites, de acordo com cada uso feito da água.

### 3.5. Parâmetros de Qualidade das águas

Segundo Gastaldini e Mendonça (2001), os parâmetros de qualidade da água mais comumente utilizados para a caracterização de corpos hídricos são temperatura, cor, odor, sólidos totais, turbidez, condutividade, pH, Oxigênio dissolvido, dureza, clorofila, nitrogênio, fósforo, algas, DQO e DBO. A seguir, são descritos, resumidamente, alguns desses parâmetros, segundo os mesmo autores e Von Sperling (2005):

#### Parâmetros Físicos

- **Sólidos**

Todas as impurezas da água, com exceção de gases dissolvidos, contribuem para a concentração de sólidos nos corpos de água e podem ser chamadas de resíduos, visto que, após evaporação de uma amostra e secagem à estufa, essas matérias permanecem. As partículas de menores dimensões, capazes de passar por um papel de filtro especificado correspondem aos sólidos dissolvidos totais, enquanto que as de maiores dimensões, retidas pelo filtro são consideradas sólidos suspensos totais. Os sólidos totais representam os sólidos dissolvidos totais mais os sólidos suspensos totais.

- **Turbidez**

A turbidez representa o grau de interferência da passagem da luz através da água. Quando de origem natural, pode estar associado a partículas de rocha, argila e silte, algas e outros micro-organismos. No entanto, quando de origem antrópica, pode estar relacionada a compostos tóxicos e a organismos patogênicos.

Elevados valores de turbidez no período chuvoso podem estar associados ao uso e à ocupação do solo (FRANCO, 2012). Para Silva et al. (2008) o uso e a ocupação do solo interferem na qualidade da água e a precipitação deve contribuir para a oscilação nos valores de turbidez no período chuvoso.

- **Temperatura**

A temperatura de águas correntes apresenta variações temporais e espaciais devido ao clima, altitude, latitude, faixa de mata ciliar e importância relativa da contribuição de águas subterrâneas, além de estação do ano, circulação do ar, cobertura de nuvens, vazão e profundidade do corpo hídrico (ALLAN, 1995; PERCEBON *et al.*, 2005). A temperatura é capaz de influenciar vários processos em um corpo de água, podendo ser tanto processos físicos, quanto químicos e biológicos, visto que pode afetar as concentrações de diversas variáveis. Além disso, um aumento na temperatura pode provocar aumentos na velocidade de reações químicas e bioquímicas, bem como, facilitar a solubilização de alguns gases, tais como o O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> e, ainda, o aumento da temperatura causa um consequente aumento da demanda de oxigênio e da decomposição da matéria orgânica.

De acordo com Arfi (2003) a temperatura da água geralmente correlaciona-se bem com a temperatura do ar. Assim, a variação sazonal atmosférica afeta diretamente as características térmicas da coluna de água.

- Condutividade

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes.

A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes.

## **Parâmetros Químicos**

- **Oxigênio dissolvido**

A determinação desse parâmetro nos corpos de água depende de muitos fatores, tais como a temperatura, a salinidade, a turbulência, a pressão

atmosférica, as atividades fotossintéticas das algas e vegetais aquáticos, dentre outros. Além disso, o OD varia de acordo com a sazonalidade. Esse parâmetro é muito importante, visto que ele é indispensável para a manutenção dos organismos aeróbios e para o equilíbrio ambiental como um todo.

É importante salientar que o oxigênio dissolvido (OD) indica o grau de arejamento da água. Esse parâmetro apresenta-se como um excelente indicativo da qualidade da água. Segundo Macêdo (2003), a introdução de OD no recurso hídrico pode ocorrer através da fotossíntese, da ação de aeradores ou do próprio contato do ar, através da reaeração atmosférica. Dessa forma, a faixa de valores acima de 5mg/L de OD poderia indicar uma característica natural do local analisado ou ainda, a ação antropogênica, a qual merece estudos futuros.

De acordo com Esteves (1998), o oxigênio dissolvido encontra-se entre os parâmetros limnológicos que apresentam maiores variações diárias, pois é um gás que está diretamente envolvido com o processo de fotossíntese e respiração e/ou decomposição que, por sua vez, estão inteiramente relacionados com o fotoperíodo, a intensidade luminosa e a temperatura.

- **Potencial de hidrogênio (pH)**

O pH é capaz de influenciar muitos processos químicos e biológicos nos corpos de água, além de processo associados ao abastecimento e tratamento de águas residuárias. Ele pode sofrer influência de vários fatores, tais como sólidos e gases dissolvidos, dureza e alcalinidade, temperatura e os fatores bióticos. O pH varia entre 0 e 14 (muito ácido a muito alcalino), sendo o pH das águas naturais situado num valor entre 6,5 e 9,0.

Cabe lembrar, que valores de pH muito abaixo de 7 são um fator preocupante ao consumo humano devido à característica ácida, segundo Sawyer e Macarty (1967).

Carvalho et al. (2000) afirmam 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.

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, 2011). Cabe ressaltar que a presença de CO<sub>2</sub> 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 e KOBAYASHI, 1988).

- **Série Nitrogenada**

O nitrogênio é componente químico fundamental para as reações biológicas, já que as mesmas só ocorrem quando há a presença de quantidade suficiente desse elemento químico. O nitrogênio está presente no ambiente de diferentes formas, sendo, nitrato, nitrito, nitrogênio amoniacal e nitrogênio orgânico. A água que contém altas concentrações de nitrogênio orgânico e amoniacal e pequenas concentrações de nitritos e nitratos não pode ser considerada segura, pois indica que o local teve contaminação recente. No caso de as concentrações de nitrogênio amoniacal terem se reduzido e as de nitrato aumentado, significa que a contaminação não é mais recente.

O principal problema relacionado com altas concentrações de nitrogênio é a eutrofização. Esse elemento é indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações, pode conduzir a um crescimento exagerado desses organismos, causando interferências aos usos desejáveis da água (VON SPERLING, 2005).

- **Fósforo total**

O fósforo é um nutriente fundamental para todos os organismos vivos e, na água, ele se apresenta tanto na sua forma dissolvida, quanto como material particulado. Fontes naturais de fosfato são o intemperismo químico das rochas, bem como a decomposição da matéria orgânica. Esgotos são grandes contribuintes para o aumento da concentração de fósforo nas águas, fato que, em caso de alta concentração de esgotos no corpo hídrico, pode levar o

ambiente à eutrofização, já que o fósforo é nutriente limitante para o crescimento das algas.

### **Parâmetros Biológicos**

- **Coliformes Termotolerantes**

As bactérias do grupo coliformes mais utilizadas para a indicação de material fecal são: os coliformes totais e termotolerantes. Os coliformes totais constituem-se em um grande grupo de bactérias que tem sido isolada de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e animais de sangue quente. Os coliformes termotolerantes são um grupo de bactérias indicadoras de material fecal de origem do trato intestinal humano e outros animais. A *Escherichia coli* é uma bactéria que pertence a este grupo. Segundo a Resolução CONAMA nº 357/05 a *Escherichia coli* é a única espécie do grupo dos coliformes termotolerantes cujo habitat exclusivo é o intestino humano e de animais homeotérmicos, onde ocorre em densidades elevadas.

### **3.6. Aspectos Quantitativos dos Recursos Hídricos**

Para um gerenciamento adequado dos recursos hídricos e dos potenciais hidráulicos disponíveis no mundo, é fundamental conhecer o comportamento dos rios, suas sazonalidades e vazões, assim como os regimes pluviométricos das diversas bacias hidrográficas, considerando as suas distribuições espaciais e temporais. Para isso, é fundamental que se realize um trabalho permanente de coleta e interpretação de dados, cuja confiabilidade torna-se maior à medida que suas séries históricas ficam mais extensas, envolvendo eventos de cheias e de secas (IBIAPINA, 2007).

Segundo Tucci (1993), a vazão ou descarga líquida pode ser definida como a quantidade de água que passa por uma seção (seção molhada no caso dos cursos d'água) dentro de um intervalo de tempo definido. Para Santos et al. (2001), a medição de vazão envolve uma série de grandezas características do escoamento na seção e que podem ser agrupadas em duas categorias: a)

grandezas geométricas da seção, que são: área, perímetro molhado, raio hidráulico, largura, profundidade, entre outros; e b) grandezas referentes ao escoamento, tais como velocidade e vazão, juntamente com as coordenadas de posicionamento de cada ponto de medição de velocidade.

Existem diferentes métodos para se determinar a vazão de um curso d'água. No entanto, a definição do melhor método para cada condição dependerá do volume d'água a ser medido, das condições onde serão realizadas estas medidas e da precisão desejada (BERNARDO, 2005).

Os instrumentos de medição de vazões mais comumente empregados, de acordo com Martins e Paiva (2001), são: medidores de nível, como réguas limnimétricas, linímetros e linígrafos (Figura 2 – a; b); medidores não estruturais, como molinetes, flutuadores, compostos químicos, acústica (Figuras 3 e 4), sendo o molinete fluviométrico o mais comumente utilizado; e medidores estruturais, tais como os vertedores e as calhas medidoras, como as Calhas Parshal (Figura 5).

Segundo Martins e Paiva (2001), os vertedores e calhas são, de modo geral, adequados para a medição de vazões de pequenas bacias hidrográficas, podendo ser também utilizadas para medição de vazões mínimas em bacias de maior escala. Além disso, são robustas e resistentes à depredação e indicadas para um monitoramento contínuo dos recursos hídricos.

A escolha do tipo e tamanho do vertedor ou calha a serem instalados na bacia em estudo, depende da aplicação que se deseja, além da variação de vazão que é esperada e da qualidade da água em questão (MARTINS; PAIVA, 2001).



Figura 2 - (a) Linímetro de bóia e contrapeso; (b) Seção de régua linimétrica



Figura 3: Micromolinetete usualmente utilizado para medição de velocidade em locais com lâmina d'água mínima de 4 cm (Fonte: Hidromec - [www.hidromechc.com.br](http://www.hidromechc.com.br))



Figura 4: Esquemática da medição da vazão de um corpo hídrico com o método Flutuador.

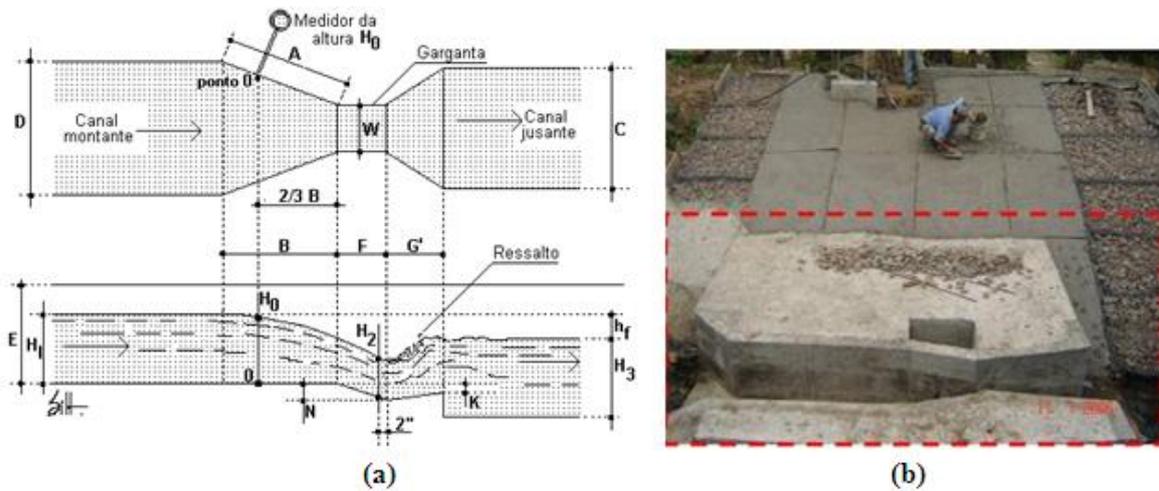


Figura 5: (a) Planta baixa de uma típica Calha Parshall. (b) Calha Parshall utilizada para monitoramento na bacia escola urbana (Adaptado de Silveira, 2007).

Outro método também recomendado para medir pequenas vazões é o método volumétrico direto, no caso de ser possível realizar a canalização das mesmas (BERNARDO, 2005). Embora tenha algumas limitações, principalmente com relação à quantidade de água a ser medida, este método tem uma ótima precisão (TUCCI, 1993).



Figura 6: Medição de vazão através do método volumétrico direto na bacia do córrego Sossego (Adaptado de LABGEST, 2011c).

Uma opção segura e confiável na determinação de pequenas vazões, segundo Costa *et. al.* (2007), são os vertedores portáteis, já que são métodos de baixo custo e grande praticidade. De acordo com os mesmo autores, a aplicação desses instrumentos é rápida e fácil, visto que não é necessário realizar desvio do curso d'água e não há a necessidade de contratação de mão-de-obra especializada. Adicionalmente, apresentam outra vantagem, já que, por serem móveis, podem ser reutilizados em diferentes estudos. No entanto, como principal deficiência, pode-se apontar a falta de registro dos picos de vazão por extravasamento do vertedor.

Para pequenos cursos d'água e canais de condução de água os métodos mais recomendados são os do flutuador, molinetes, vertedores e calhas (FCTH, 1990).

### **3.7. Aspectos de Uso do Solo e da Água**

A ocupação antrópica concentrada nas margens dos rios, para os mais diversos fins, e o uso inadequado do solo e das águas, tanto urbano, quanto rural, têm sido uma das principais causas da degradação do meio ambiente em várias regiões do mundo, principalmente se associados às contínuas práticas não conservacionistas desses componentes ambientais. No âmbito rural, alguns dos problemas ambientais mais graves decorrem do uso e ocupação inadequados do solo, os quais contribuem para o aumento da erosão do solo e o conseqüente assoreamento dos cursos d'água (MEDEIROS, 2007).

Em regiões agrícolas, é importante que se faça o mapeamento dos usos preponderantes e da cobertura vegetal do solo, através da identificação das atividades de lavoura e pastagem, indicando as categorias de ocupação e a participação percentual de cada uma, além de descrever e mapear as principais ocupações ali existentes (MEDEIROS, 2007).

A identificação dos usos preponderantes equivale à análise dos usos que têm mais importância, ou que prevalecem, entre todos os outros usos dos recursos hídricos na bacia hidrográfica. Os usos a serem considerados são aqueles

previstos nas classes de enquadramento pela Resolução CONAMA 357/05 (CONAMA, 2005), sendo eles: abastecimento para consumo humano; preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas, preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação e proteção integral; proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário e secundário; irrigação; aquicultura e pesca; dessedentação de animais; navegação, harmonia paisagística, além da observação de outros usos como o industrial, a mineração e a produção hidroelétrica, caso sejam relevantes para a realidade da bacia hidrográfica.

A determinação do uso e ocupação de uma bacia hidrográfica possibilita identificar os diferentes usos do solo e favorecer ao planejamento hidrológico, agrícola e ambiental da região (SANTOS *et al.*, 2011; VANZELA *et. al.*, 2010).

Com relação às formas de uso da água em bacias hidrográficas de quaisquer escalas, Mendes (2007) as classifica em três, sendo elas: uso consuntivo, o qual retira a água de sua fonte natural diminuindo suas disponibilidades, espacial e temporalmente, como, por exemplo, a dessedentação animal, o uso doméstico, a irrigação, a pecuária, dentre outros; uso não consuntivo, os quais se referem aos usos que retornam à fonte de suprimento, praticamente a totalidade da água utilizada, podendo haver alguma modificação no seu padrão temporal de disponibilidade, como exemplos temos a piscicultura, a geração de energia hidrelétrica, a diluição de efluentes, etc; e os usos locais, que aproveitam a disponibilidade da água na própria fonte, sem alterações significativas, como no caso estuários e preservação de banhados.

De acordo com Tucci e Mendes (2006), uma das principais formas de uso da água em uma bacia hidrográfica rural é a irrigação, a qual tem por finalidade assegurar a produtividade agrícola durante os meses mais críticos do ano.

Sendo assim, e sabendo-se que cursos de água de pequenas bacias hidrográficas rurais cujas vazões são pequenas e estão sujeitas a cargas de esgoto doméstico e aporte de fertilizantes, agrotóxicos e sedimentos e, dessa forma, podem tornar-se impróprios para abastecimentos de água para diversos usos, como, por exemplo, para a irrigação de culturas mais sensíveis, além de

usos domésticos, de lazer, ecológico, dentre outros, é fundamental que tais bacias tenham um monitoramento contínuo, a fim de verificar a compatibilidade da qualidade das águas em relação aos usos que se fazem da mesma (LABGEST, 2011a).

O conceito de qualidade da água sempre tem relação com o uso que se faz dessa água. Por exemplo, uma água de qualidade adequada para uso industrial, navegação ou geração hidrelétrica pode não ter qualidade adequada para o abastecimento humano, o uso agrícola, a recreação ou a preservação da vida aquática (ANA, 2012). Por isso, ressalta-se a enorme importância de se observar se a qualidade da água em determinada região está realmente adequada aos usos que ali são feitos.

Para Enokida e Magalhães (2009), o resultado da espacialização dos dados de uso do solo e da água, correlacionados com a qualidade da água em cada trecho, é informação de extrema importância para se realizar um diagnóstico correto da bacia hidrográfica e assim propor planejamento e gerenciamento ambiental adequados dessas áreas.

### **3.8. A Utilização de Sistemas de Informação Geográfica no Diagnóstico de Microbacias Hidrográficas**

A incorporação dos dados obtidos no monitoramento ambiental em um Sistema de Informações Geográficas (SIG) auxilia, enormemente, na gestão e na formulação do diagnóstico ambiental de microbacias hidrográficas, tendo em vista que a grande quantidade de informações trabalhadas e de dados gerados, pode ser otimizada pela eficiência dos sistemas disponíveis na atualidade, permitindo a elaboração tanto de diagnósticos, quanto de prognósticos e subsidiando a tomada de decisões. Além disso, o conhecimento das características ambientais de uma área é auxiliado pela realização de consultas e análises espaciais com o uso do geoprocessamento, permitindo a identificação de impactos causados pelas diversas atividades humanas (JACINTHO, 2003; TEIXEIRA; CRUZ, 2005).

Os SIG são, ainda, uma ferramenta fundamental na integração de dados temáticos como solo, usos do solo, ocupação, vegetação, declividade, clima dentre outros. Pela grande integração que o SIG apresenta, o mesmo proporciona uma maior produtividade da atividade agropecuária, diminuindo os riscos ao meio ambiente (OLIVEIRA; SANO 1993).

Estudos sobre a aplicação de SIG em microbacias hidrográficas (Assad *et al.*, 1998; CAVALLARI *et. al*, 2007) puderam concluir que, para pequenas áreas, as principais vantagens decorrentes da utilização do SIG são a elevada precisão do produto final e a economia de tempo em relação aos outros métodos tradicionais de análise. Dessa forma, os planejamentos de manejo e de conservação de solo e água de uma bacia hidrográfica, de escala formal ou micro, podem ser executados com precisão e rapidez com a utilização de SIG's.

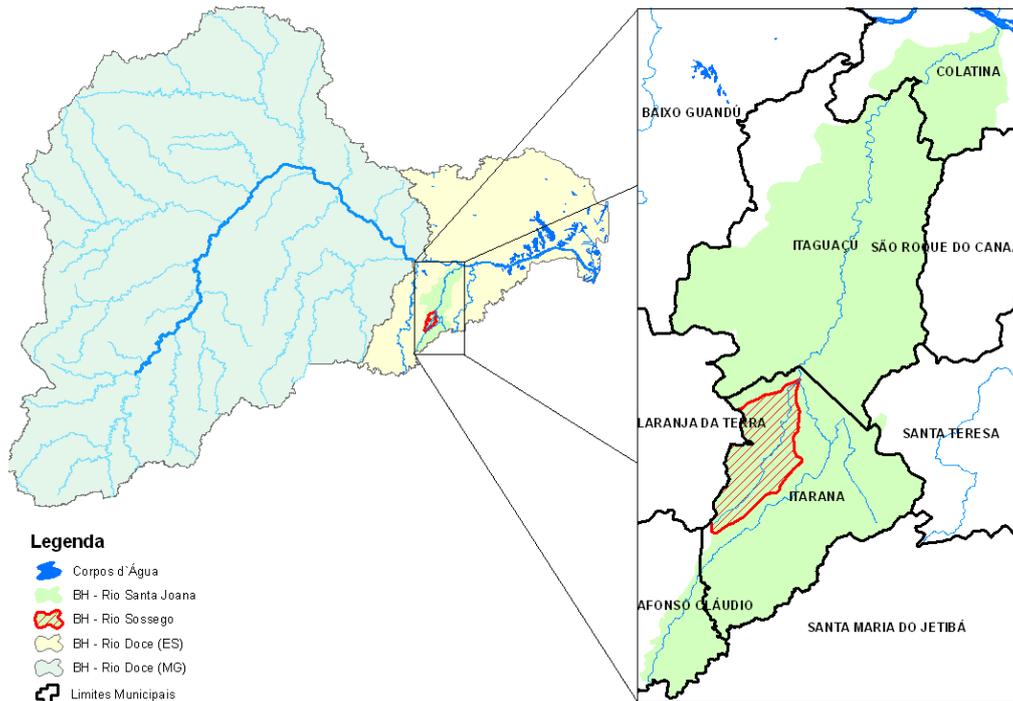
Para se executar o diagnóstico agrícola de uma região é necessário o mapeamento das áreas em estudo, o qual se constitui instrumento imprescindível para representar as diferentes informações temáticas, as potencialidades naturais relativas ao meio físico e o uso atual do solo (BUCENE, 2002).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Caracterização e Escolha da Área de Estudo

A caracterização da área de estudo foi realizada, inicialmente, com base em dados secundários, obtidos através dos variados estudos e pesquisas que já foram realizados nessa região geográfica, os quais já produziram dados e informações que foram de extrema importância para essa dissertação. Em seguida, partindo da coleta de dados inicial, foi feito um processamento de imagens, a fim de se realizar uma caracterização fisiográfica sucinta da região.

A bacia hidrográfica do córrego Sossego apresenta área de drenagem de aproximadamente 65 km<sup>2</sup>, tendo seu curso principal o comprimento de aproximadamente 19 km. Está localizada na bacia do Rio Santa Joana, porção espírito-santense da bacia do Rio Doce, apresentando, respectivamente, 900 km<sup>2</sup> e 90.000 km<sup>2</sup>, aproximadamente. Localiza-se no município de Itarana, distante 111 km da capital Vitória (Figura 7). Essa bacia tem sido utilizada como bacia experimental desde 2002, com a realização da pesquisa intitulada “GEARH-NES” (GEARH, 2003), para fins de desenvolvimento de estudos científicos e tecnológicos de gestão integrada de recursos hídricos com foco no desenvolvimento sustentável local (LOPES, 2011; AMARAL, 2011; LABGEST, 2010a, 2010b, 2010c, 2010d; LABGEST, 2011a, 2011b, 2011c; POLONI, 2010; QUARENTEI, 2008, 2010; TEIXEIRA *et al.*, 2007, 2010; GIRARDI; QUARENTEI, 2008; SEBRAE, 2006; GEARH, 2003).



**Figura 7: Localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Sossego – adaptado de POLONI (2010).**

A referida bacia foi selecionada a partir da consideração dos principais fatores de degradação e conflitos em uma bacia hidrográfica, ilustrados por critérios sociais, econômicos e ambientais pré-determinados, tais como a “carência de recursos hídricos para abastecimento público e para outras atividades importantes para o desenvolvimento regional; condições de saneamento básico que pudessem comprometer os recursos hídricos; degradação da qualidade dos corpos d’água; degradação da bacia hidrográfica; condições sócio-econômicas desfavoráveis por influência da disponibilidade hídrica (qualidade e / ou quantidade)” (CASTRO et al., 2002; FEST/GEARH, 2003).

A bacia do córrego do Sossego constitui-se de aproximadamente 200 pequenas propriedades rurais de base agrícola familiar e encontra-se em estado de déficit hídrico quantitativo superficial, cuja demanda principal é para uso agrícola, sendo as culturas de café, banana e inhame as de maior representatividade econômica para a região (TEIXEIRA et al., 2010).

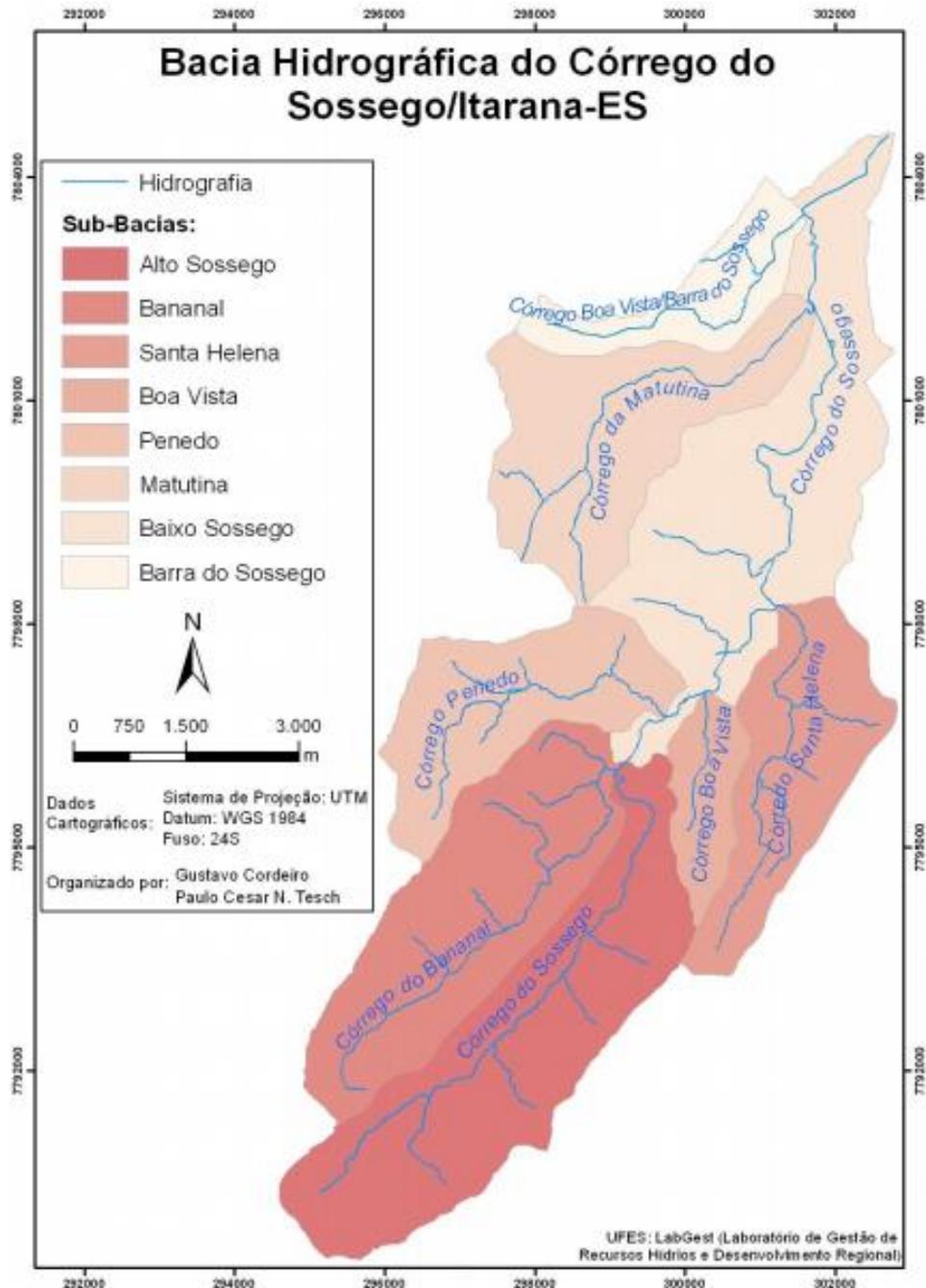
Dentre os problemas ambientais e sociais, observa-se a associação entre práticas agrícolas inadequadas e intensificação da irrigação, o que tem provocado a diminuição do volume de água disponível e conflitos por seu uso (TEIXEIRA et al. 2010). Tais conflitos são, principalmente, decorrentes de

barramentos realizados inadequadamente ao longo do córrego (LABGEST, 2011c).

Em estudo realizado anteriormente nessa localidade, pôde-se constatar que diversos pontos apresentaram-se sem fluxo de água ou com vazões ínfimas, indicando a baixa disponibilidade hídrica na bacia do córrego Sossego em períodos secos, devido, principalmente, ao uso e manejo inadequados dos recursos hídricos da região (LABGEST, 2011c).

Segundo Lopes (2011), em decorrência desses inúmeros conflitos observados pelo uso da água na bacia, o Termo de Ajustamento de Conduta (TAC), para o ajuste de condutas contrárias à lei, esteve prestes a ser aplicado na bacia do Sossego, objetivando definir regras claras quanto a melhorias no uso da água. Contudo, em virtude das diversas atividades que vêm sendo desenvolvidas no âmbito dessa bacia, relacionadas a uma gestão integrada e participativa, o Ministério Público determinou que o instrumento não fosse aplicado, em primeira instância, a fim de que pudessem ser analisados os resultados obtidos com o desenvolvimento dessas atividades.

Um aspecto relevante que foi considerado para o desenvolvimento desta dissertação, foi a definição da porção da bacia hidrográfica do córrego Sossego para a aplicação do estudo. Como resultado de trabalhos já realizados anteriormente (AMARAL, 2011; LABGEST 2011c), foram identificadas, nessa bacia hidrográfica, seis Unidades de Planejamento, sendo elas: Sossego, Bananal, Santa Helena, Pendo, Matutina e Barra do Sossego (Figura 8).



**Figura 8: Sub-bacias hidrográficas do Córrego Sossego (Organizado por Tesch, P.C. e Cordeiro, G., 2013)**

Dentre as unidades de planejamento apresentadas, a sub-bacia do córrego Bananal foi selecionada para o detalhamento do estudo. Para a efetivação dessa escolha, foram considerados alguns critérios, os quais serão descritos abaixo, bem como realizadas visitas a campo e conversas com os produtores e técnicos de instituições atuantes na região, a fim de verificar algumas características necessárias à execução do trabalho.

Dentre os critérios considerados para a escolha da sub bacia do córrego Bananal, podemos destacar: aquela que apresentasse uma ampla diversidade nos tipos de usos dos recursos hídricos, a fim de que pudesse ser mais representativa quanto às exigências de variabilidade de classes de qualidade das águas, ou seja, aquela bacia em que existissem os mais variados tipos de culturas agrícolas, os quais necessitassem de classes distintas de qualidade da água para irrigação. Além disso, foi fundamental que a unidade de planejamento selecionada fosse, dentre todas da localidade, a que apresentasse menor impacto quanto à disponibilidade hídrica quantitativa, ocasionada por demanda excessiva dos recursos hídricos, visto que a escassez de água gerada devido ao não atendimento ao cumprimento legal de vazão mínima do córrego, poderia dificultar a execução do trabalho em períodos de seca.

Por fim, tendo-se em vista que o presente trabalho necessitou de uma grande proximidade com os produtores e usuários das águas da região, bem como com instituições atuantes na localidade, para que se pudesse extrair dos mesmos o máximo de informações disponíveis que eles detinham sobre a qualidade das águas e as exigências para sua utilização adequada, foi de suma importância que, dentre os critérios para a escolha da sub-bacia, estivesse a receptividade ao trabalho que foi realizado, a fim de que o projeto pudesse ser desenvolvido da melhor maneira possível.

#### **4.2. Diagnóstico dos Usos Preponderantes**

O diagnóstico dos usos preponderantes dos recursos hídricos e do solo foi feito, inicialmente, com base em dados secundários, obtidos através dos variados estudos e pesquisas que já foram realizados nessa região geográfica, os quais já produziram dados e informações que foram de extrema importância para essa dissertação. Além disso, foram analisados cadastros de outorgas junto ao Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA), imagens de satélite, mapas, dentre outros documentos. Essa análise de dados secundários objetivou, além de diagnosticar os usos preponderantes da água e do solo, verificar a existência de poços de água subterrânea na sub-bacia em questão.

Após a análise dos dados secundários, foi feito reconhecimento de campo, com auxílios dos produtores e instituições da região, para complementação das informações e eventuais adequações que se fizeram necessárias.

Os usos analisados foram aqueles previstos nas classes de enquadramento pela Resolução CONAMA nº 357/2005: abastecimento para consumo humano; preservação do equilíbrio natural e proteção das comunidades aquáticas; recreação de contato primário ou secundário; irrigação (hortaliças, plantas frutíferas, culturas arbóreas, cerealíferas, forrageiras, parques, jardins, gramas em campos de esporte e lazer); aquicultura e pesca; dessedentação de animais, etc.

Feita a identificação dos principais usos da sub-bacia, foram verificadas as exigências de classe de qualidade das águas para os usos mais restritivos da água de acordo com o que se estabelece na resolução CONAMA nº 357 de 2005.

Todas as informações coletadas sobre os usos dos recursos hídricos foram espacializadas e colocadas em mapas contendo a hidrografia da região, através do uso do ArcGis. Nessa fase, teve-se em mente a importância da temporalidade dessas informações, ou seja, foi fundamental que se observasse a influência da sazonalidade nos usos que são feitos na região. Dessa forma, foi possível relacionar os usos preponderantes aos trechos dos córregos.

#### **4.3. Escolha dos Pontos de Monitoramento Quali-Quantitativos da Água**

Após selecionada a sub-bacia, bem como terem sido mapeados os usos preponderantes da região e a existência de poços de água subterrânea na localidade, foi realizada a definição dos pontos de monitoramento quali-quantitativos superficiais e subterrâneos das águas da sub-bacia, a qual considerou, dentre outras coisas, os seguintes aspectos básicos: a representatividade das fontes poluentes pontuais e difusas no conjunto do ambiente hídrico da bacia; e a possibilidade de que fossem avaliados os efeitos

dos usos atuais dos recursos hídricos na qualidade e na quantidade dos corpos d'água.

Foi verificado, também, para a escolha e definição dos pontos de monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos, se os locais escolhidos eram de fácil acesso, para que, posteriormente, o processo de levantamento de dados não fosse dificultado; se os locais escolhidos representavam, adequadamente, cada um dos cursos de água existente, de acordo com os usos da água e características do corpo hídrico, de forma que fosse possível a obtenção de dados representativos para toda a sub-bacia em estudo; se era possível realizar, nesses pontos, a instalação dos equipamentos para medições de vazão; e, por fim, se o produtor autorizava tais instalações e possibilitava o acesso à sua propriedade para a realização da coleta das amostras de água, a fim de realizar as análises de sua qualidade.

É importante ressaltar que, para todos os pontos selecionados para o monitoramento quali-quantitativo das águas superficiais, foi escolhido um poço artesiano raso para análise de água subterrânea nas proximidades desses pontos pré-determinados, com exceção de dois pontos, os quais, devido às fortes chuvas ocorridas em período anterior à coleta, tiveram os seus acessos comprometidos.

Além dos pontos escolhidos para representar a atual situação dos corpos de água superficiais e subterrâneos, foram escolhidos pontos de monitoramento em locais de referência, ou seja, àqueles nos quais a influência do homem apresente a menor quantidade de impactos notáveis, os quais permitam identificar as condições naturais dos recursos hídricos.

De todos os pontos selecionados, o Ponto 1 é o que corresponde ao trecho mais próximo à nascente do Córrego Bananal, no qual foram feitos monitoramentos em três locais, a saber:

- P 1-1 – curso d'água do Córrego Bananal – água superficial
- P 1-2 – Poço escavado: reservatório interligado ao curso d'água, com finalidade de reserva de água para uso na irrigação – água superficial.

- P 1-3 – Poço artesiano: água subterrânea, com finalidade de usos para consumo humano, recreação e irrigação.

Os demais pontos estão localizados ao longo do córrego, em direção à jusante da bacia e identificados de forma semelhante à mencionada acima, de 2 a 6, sendo o ponto 6 localizado na foz do curso d'água, próximo ao encontro com o córrego Sossego, conforme pode ser observado no quadro 1.

A Figura 9 apresenta imagem com macrolocalização dos pontos monitorados.

<b>Descrição da localização dos pontos analisados</b>	
P1-1; P1-2; P1-3; P1-4; P1-5; P1-6	Pontos localizados no córrego Bananal – água superficial
P2-1; P2-2; P2-3; P2-4; P2-5; P2-6	Pontos localizados em poços escavados - água superficial
P3-1; P3-2; P3-3; P3-4; P3-5; P3-6	Pontos localizados em poços artesianos - água subterrânea

**Quadro 1: Descrição da localização dos pontos de monitoramento**

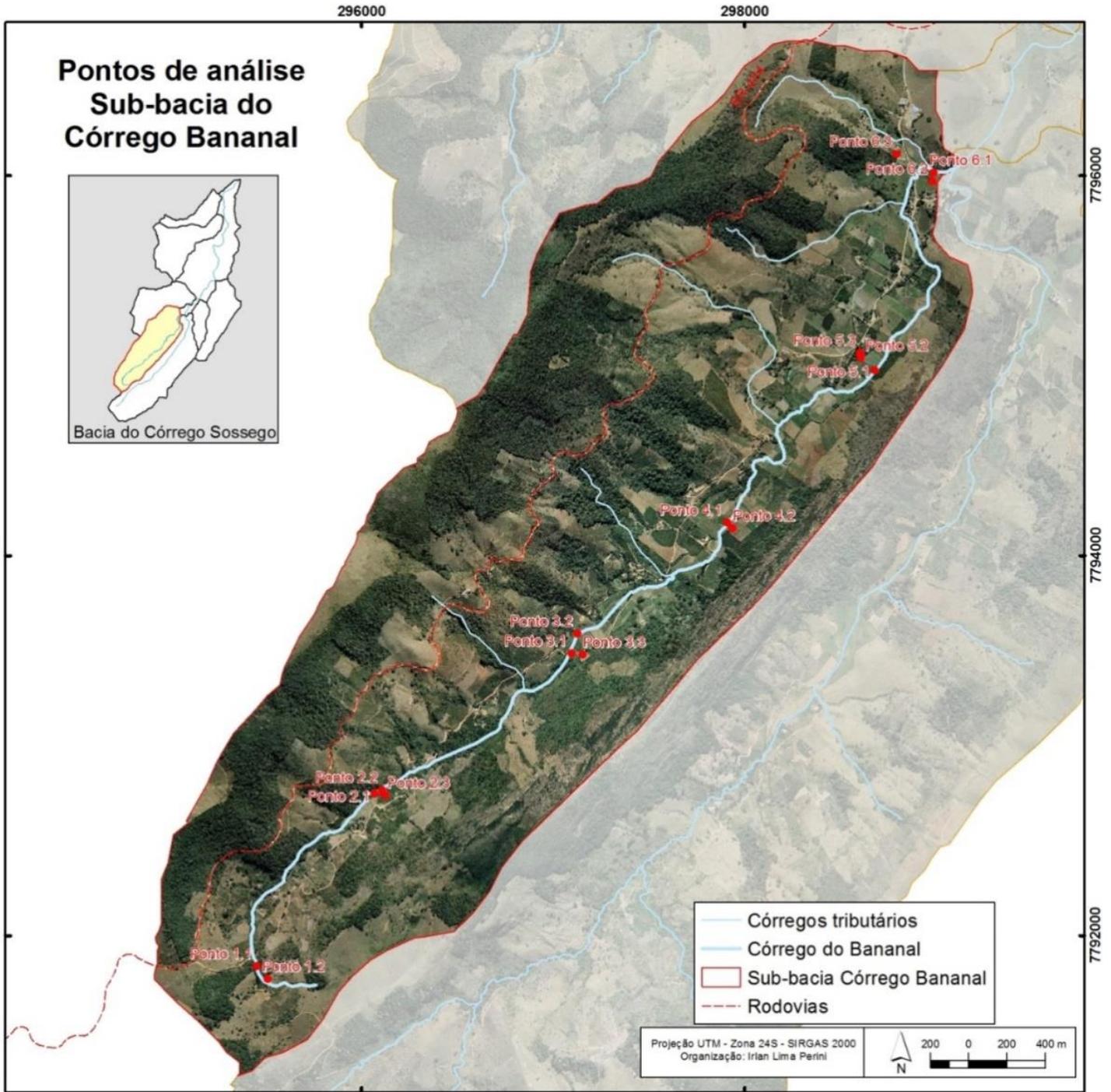


Figura 9: Macrolocalização dos pontos monitorados (Organizado por Perini, I. L., 2013)

#### 4.4. Diagnóstico da Situação Atual da Qualidade da Água

Depois de selecionados os pontos de monitoramento e os poços artesianos para análise de água subterrânea, foram realizadas as campanhas de campo para as coletas de amostras de água. Essas campanhas foram realizadas nos meses de janeiro e maio de 2014, a fim de representar, respectivamente, as estações chuvosa e seca, de maneira que fosse possível observar nos resultados a influência dessas condições hidrológicas na qualidade da água, durante o referido ano. Posteriormente às coletas, foi efetuada a análise qualitativa em laboratório especializado. Os resultados obtidos dessa análise de água foram comparados aos valores limites presentes na legislação ambiental vigente (Resolução CONAMA 357/2005 para águas superficiais, e Resolução CONAMA 396/2008 e Portaria MS 518/2005 para as águas do poço artesiano / destinadas ao consumo humano) e serviram de base para a realização do diagnóstico da situação atual da qualidade da água.

Para as águas superficiais, os valores foram comparados com os padrões estabelecidos para as classes previstas na Resolução CONAMA 357/05, as quais foram selecionadas de acordo com os usos feitos na região de estudo. Já no que diz respeito às águas de poço artesiano, foram considerados, para fins de comparação, os valores máximos permitidos (VMP) para os padrões de potabilidade da água para o consumo humano apresentados na Portaria MS 518/2004. Já os padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução CONAMA 396/2008, foram usados apenas para fins de comparação, sem atrelamento a quaisquer classes da referida resolução, já que o uso mais restritivo destina-se ao consumo humano.

A Figura 10 ilustra o procedimento utilizado nas coletas de amostras de água e medições de parâmetros de qualidade *in situ*, bem como as formas de preservação e armazenamento utilizadas.



**Figura 10 – Procedimento de medição, coleta e armazenagem das amostras de água**

As coletas de água para as análises físicas, químicas e biológicas foram feitas em situações hidrológicas distintas, uma no período chuvoso (janeiro) e outra no período seco (maio) do ano de 2014, a fim de verificar a influência dessas estações na qualidade da água, durante o referido ano. As coletas foram realizadas pela própria mestranda, com o apoio de moradores locais e de outros pesquisadores e técnicos vinculados ao LabGest. Já a análise laboratorial dos parâmetros de qualidade de água selecionados foi realizada por uma empresa especializada em análises de qualidade da água.

Foram selecionados para a avaliação da qualidade da água, alguns parâmetros básicos, definidos por ANA (2009), como os parâmetros advindos de usos agrícolas e produção animal, sendo eles: Coliformes Termotolerantes, DBO, Sólidos Dissolvidos, Fósforo Total, Nitrogênio Amoniacal e Oxigênio Dissolvido. Os outros parâmetros de qualidade da água analisados no estudo foram escolhidos com base na análise dos usos da água e do solo na região, sendo

eles: temperatura, condutividade, turbidez e pH. Foram selecionados os parâmetros mais representativos para os usos da água na região, os quais, em casos de incompatibilidade com os valores estabelecidos pelas legislações vigentes para cada classe de uso, pudessem apresentar maior impacto sobre as culturas ali produzidas e outros usos que porventura sejam feitos.

As amostras de água do poço artesiano foram coletadas nas saídas das bombas dos mesmos, após um descarte inicial desta. Nos casos onde não havia saída de água das bombas, esta foi coletada diretamente das residências que possuíam água de poços artesianos (subterrânea) encanada, deixando-se escorrer a água por alguns minutos antes da coleta. Já a coleta de água dos corpos de água superficiais foi realizada manualmente e em subsuperfície.

Todos os procedimentos de coleta, preparo dos frascos de coleta, transporte e acondicionamento das amostras destinadas as análises físico-químicas e biológicas da água seguiram as recomendações do “Guia Nacional de Coleta e Preservação das Amostras de água” (CETESB, 2011) e do “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 21th ed.” (APHA, 2005).

Para a realização do monitoramento qualitativo das águas da sub-bacia, foi utilizada para a medição dos parâmetros escolhidos e que necessitavam de medição instantânea local (pH, temperatura, condutividade, turbidez, Oxigênio Dissolvido e condutividade) a sonda portátil multiparâmetros Hydrolab Quanta®.

As informações de qualidade da água foram analisadas e espacializadas, do mesmo modo que as informações dos usos preponderantes observados no local, por meio de ferramentas de geoprocessamento. Dessa forma, possibilitou-se a visualização da distribuição espacial dos diferentes usos da água e de sua qualidade, no âmbito da sub-bacia hidrográfica em questão, bem como a frequência em que determinados parâmetros atendem ou não os padrões estabelecidos para cada classe prevista pelas resoluções vigentes e, ainda, os usos que não são atendidos pela qualidade da água na região e aqueles que estão de acordo com a mesma.

### Limitações do trabalho

A análise de Coliformes Termotolerantes dos poços escavados, para a primeira campanha, teve como resultado apenas a indicação de ausência ou presença, não tendo sido realizada a quantificação deste parâmetro, devido a problemas técnicos ocorridos no laboratório responsável.

Não foi coletada a água do poço artesiano no ponto 4-3 na primeira campanha, visto que o mesmo foi contaminado com a água da enchente que ocorreu na região alguns meses antes, impossibilitando, inclusive, o seu acesso e sendo, por essas razões, inutilizado. Bem como no ponto 1-3, devido ao fato de não haver poço artesiano no local. Já na segunda campanha, nos pontos 1-3 e 4-3, foi coletada a água da nascente, visto que era essa a fonte de água para consumo dos moradores dessa região.

#### **4.5. Diagnóstico da Disponibilidade Hídrica**

Concomitantemente às coletas de amostras de água para avaliação de sua qualidade, foram instaladas, nos pontos escolhidos para a realização do diagnóstico quali-quantitativo das águas da sub-bacia, estruturas para a medição da vazão, as quais foram escolhidas previamente como as mais indicadas para as características da sub-bacia do córrego Bananal.

Estudos preliminares e visitas à região foram realizados para a definição e instalação das estruturas, a fim de traçar os perfis geométricos do córrego em vários pontos e, posteriormente, definir o local exato da construção ou implantação das mesmas. Assim, o método selecionado de acordo com as características locais foi o método do flutuador, devido à pouca quantidade de água disponível em todas as visitas feitas a campo e às características físicas do córrego.

No dia anterior à realização das campanhas, foram feitas visitas aos locais de medição, para verificar se havia necessidade de retirada da vegetação no

trecho escolhido para o estudo, bem como se certificar que o método escolhido seria realmente o mais adequado.

Alguns critérios foram utilizados para a escolha dos trechos mais adequados para a medição da vazão nos pontos de estudo, tais como: trechos que fossem os mais retos possíveis (sem curvas); trechos do córrego sem águas paradas; pontos desobstruídos ou de fácil limpeza.

Em cada ponto de análise, mediu-se o comprimento e marcou-se a parte superior e inferior do trecho, através de cordas que foram esticadas e fixadas com estacas, perpendicularmente às margens (Figura 12). Em seguida à fixação desses materiais, foi calculada a área da seção superior e inferior do trecho escolhido e obtida a área média deste trecho. Após isso, foi determinada a profundidade média da seção superior e inferior marcando-se iguais intervalos ao longo da corda e medida a profundidade, através de trenas ou réguas, em cada intervalo marcado. A profundidade média de cada seção foi calculada através da divisão do total das medições pelo número de intervalos. A determinação da largura do trecho foi feita através de uma trena, esticada de margem a margem, para cada seção. A área média de cada seção foi calculada pela multiplicação de sua largura pela média das profundidades. O cálculo da área média do trecho foi a soma da área de cada uma das seções dividido por dois.

A medição do tempo de deslocamento da boia de isopor foi feita da seção superior até a seção inferior, através do uso de um cronômetro. A boia foi posicionada na seção superior no centro da correnteza e o cronômetro foi acionado assim que a boia foi solta. O relógio foi parado quando a boia ultrapassou totalmente a corda na seção inferior. A medição do tempo foi feita no mínimo por três vezes, sendo que na maioria dos pontos realizou-se um número ainda maior de repetições, a fim de tornarem-se mais precisos os resultados. O resultado do tempo foi a média do número de repetições. Se, ao deslocar-se, a boia sofresse algum impedimento por galhos, pedras ou outros obstáculos, esta medição era descartada, sendo realizada uma nova medição (Figura 11).

Com a implantação dessas estruturas foram monitoradas as vazões em ambas campanhas, a de estiagem e a chuvosa. O uso do micromolinete não foi possível devido à pouca quantidade de água em ambas campanhas. Para a efetivação dessa etapa, o presente projeto contou com o apoio do GEARH (Grupo de Estudos e Ações em Recursos Hídricos) e com o Laboratório de Hidráulica e Monitoramento Ambiental (HIDROLAB) do Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (DEA / UFES).



**Figura 11: Procedimento de Medição de Vazão**

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, apresentam-se os resultados e discussões desta pesquisa, conforme os objetivos propostos.

### 5.1. Caracterização da Área de Estudo

O município de Itarana, onde se localiza a microbacia estudada, apresenta regime de chuvas com período seco nos meses de abril a setembro, e período chuvoso nos meses de outubro a março. Segundo dados do INCAPER (2014), os meses de janeiro e maio, nos quais foram realizados os levantamentos de campo, apresentam precipitações acumuladas mensais médias (1976/2011) da ordem de 180 mm e 40 mm, respectivamente. Dados obtidos na estação Itarana/01940000 (ANA/HIDROWEB, 2014) apresentaram precipitações acumuladas mensais de 34,6 mm, em janeiro/2014, e 14,6 mm, no mês de maio/2014. Observa-se que as precipitações acumuladas mensais dos meses em que as campanhas foram realizadas para esse trabalho, estiveram bem abaixo dos valores médios obtidos para as precipitações acumuladas mensais médias entre os anos 1976 e 2011, fato que indica que, no período de realização desse trabalho, as chuvas na região apresentaram-se ainda mais escassas que o comumente observado ao longo dos anos. No entanto, apesar de as precipitações encontrarem-se abaixo da média, os dados estão de acordo com o regime de chuvas seco nos meses de abril a setembro e com ocorrência concentrada de chuvas entre os meses de outubro a março.

A microbacia hidrográfica do córrego Bananal apresenta área de drenagem de 987,73 hectares e seu córrego principal possui 7.098 metros de comprimento. É majoritariamente ocupada por pequenos produtores rurais, tendo aproximadamente 400 habitantes.

A Figura 12 apresenta o mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Córrego Bananal. Na Tabela 1 são apresentados os tipos de usos e as respectivas porcentagens em relação à área da bacia.

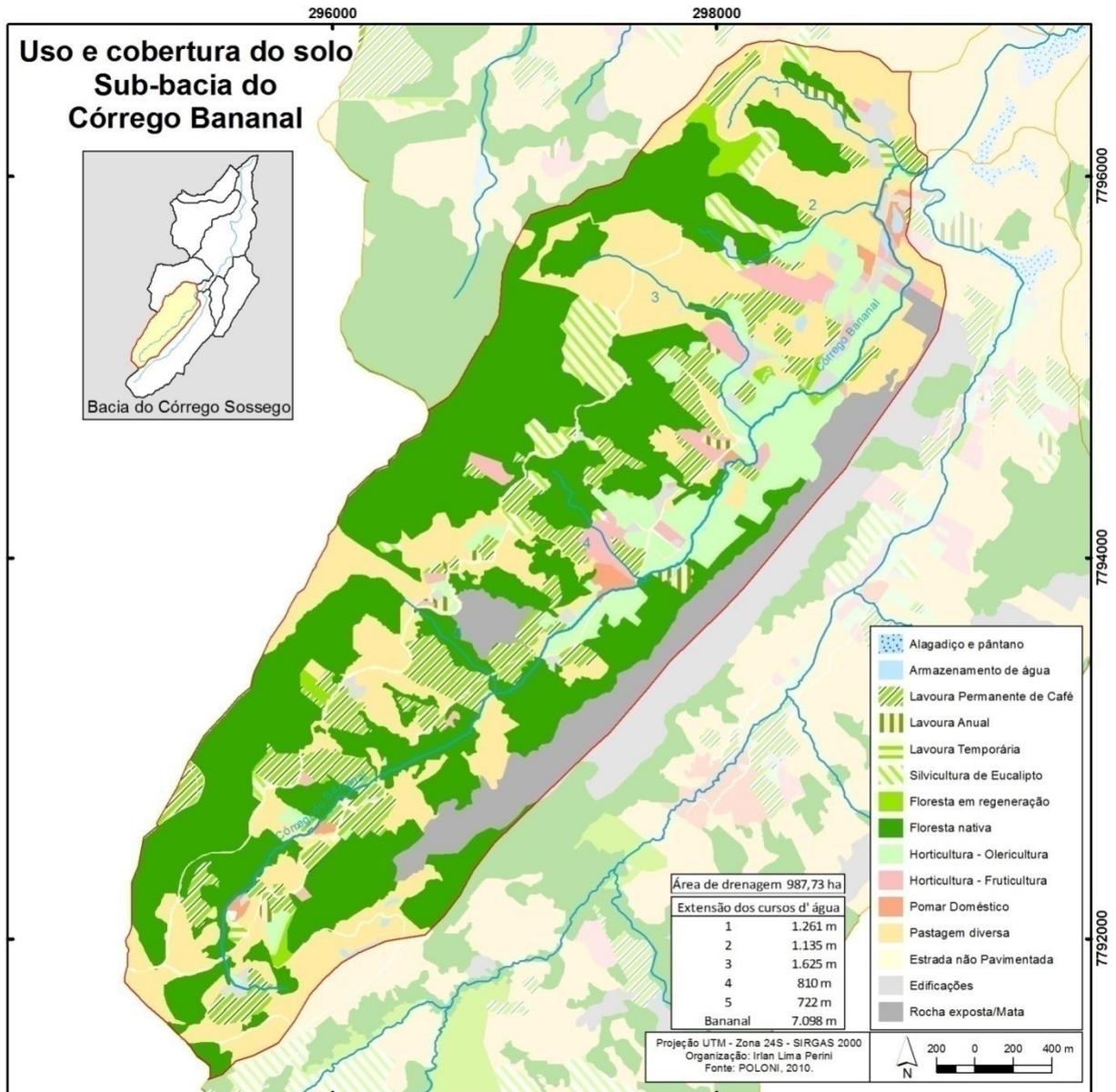
O uso / ocupação do solo de maior predomínio na região é de floresta nativa, com índice de 39%. É seguido de pastagens diversas, que correspondem 24,37%, lavoura permanente de café, com 9,6% e horticultura/olericultura, com 7,98%, além de outros usos com menor porcentagem, tais como silvicultura de eucalipto, estradas, edificações, floresta em regeneração, pomar doméstico, lavoura anual, armazenamento de água e lavoura temporária (Tabela 1). No que tange às culturas agrícolas produzidas na região, destacam-se a produção de banana, inhame, tomate como as de maior predominância na microbacia. Já com relação à criação animal, têm-se, porcos, bois, galinhas, peixes e patos como os de maior predominância na localidade.

As áreas de agricultura e solo exposto são ocupadas por pequenas propriedades familiares. A utilização de herbicidas e agrotóxicos nas lavouras merece preocupação pela sua proximidade com nascentes e com o córrego Bananal e seus afluentes, podendo vir a comprometer a qualidade do corpo d' água.

A característica de elevada declividade das vertentes confere à microbacia do córrego Bananal grande suscetibilidade à erosão, como escorregamentos e movimentos de massa, ligados às chuvas intensas. No entanto, destaca-se aqui o papel fundamental da cobertura vegetal remanescente existente nessa área, que, por ser consideravelmente preservada, atenua tais processos. Porém, observa-se que nas áreas mais próximas ao curso do córrego Bananal, há a pouca ou quase ausente cobertura vegetal, fato que favorece a erosão hídrica.

A dinâmica de uso e ocupação do solo da microbacia do córrego Sossego contribui para a degradação da qualidade da água, visto que: não há tratamento de esgoto na região de estudo, sendo os dejetos lançados em sumidouros, destinados à depuração e disposição final do esgoto das residências; as áreas próximas aos corpos de água apresentam-se com pouca ou nenhuma vegetação remanescente, fato que pode intensificar o aporte de sedimentos aos corpos de água; as elevadas cargas poluidoras de origem agrícola, tais como agrotóxicos e fertilizantes, além de dejetos da criação de animais, muitos dos quais se encontram instalados próximos aos poços

subterrâneos de água ou a outras fontes de água, também são fatores determinantes para essa degradação.



**Figura 12: Mapa de uso e ocupação do solo da bacia do Córrego Bananal, Itarana/ES (Adaptado de POLONI, 2010).**

**Tabela 1: Classificação de usos do solo na bacia do Córrego Bananal, Itarana/ES**

<b>Uso e ocupação do solo</b>	<b>ha</b>	<b>%</b>
Floresta nativa	385,22	39,00
Pastagens Diversas	240,72	24,37
Lavoura Permanente de Café	94,81	9,60
Horticultura – Olericultura	78,83	7,98
Rocha exposta/Mata	74,02	7,49
Silvicultura de Eucalipto	26,10	2,64
Horticultura - Fruticultura	24,98	2,53
Estrada não Pavimentada	18,24	1,85
Edificações	18,15	1,84
Floresta em regeneração ou capoeira	9,23	0,93
Pomar Doméstico	6,84	0,69
Lavoura Anual	5,83	0,59
Armazenamento de água	3,01	0,30
Lavoura temporária	1,75	0,18
<b>Total</b>	<b>987,73</b>	<b>100</b>

A Figura 13 apresenta o mapa de declividade da bacia do Córrego Bananal. O relevo da região caracteriza-se, em sua maior parte, como fortemente ondulado a montanhoso (54,47%), apresentando regiões onduladas (28,31%), suave onduladas (8,21%) e, com menor incidência, regiões escarpadas (6,38%) e planas (2,64%). Devido a essas características de relevo, a região apresenta restrições à agricultura e, por isso, corroboram para o cultivo no fundo dos vales, por se tratarem de áreas mais planas. Portanto, as declividades mais

moderadas concentram o uso agrícola, as edificações e as pastagens, enquanto a declividade mais acentuada concentra áreas de cobertura vegetal remanescente.

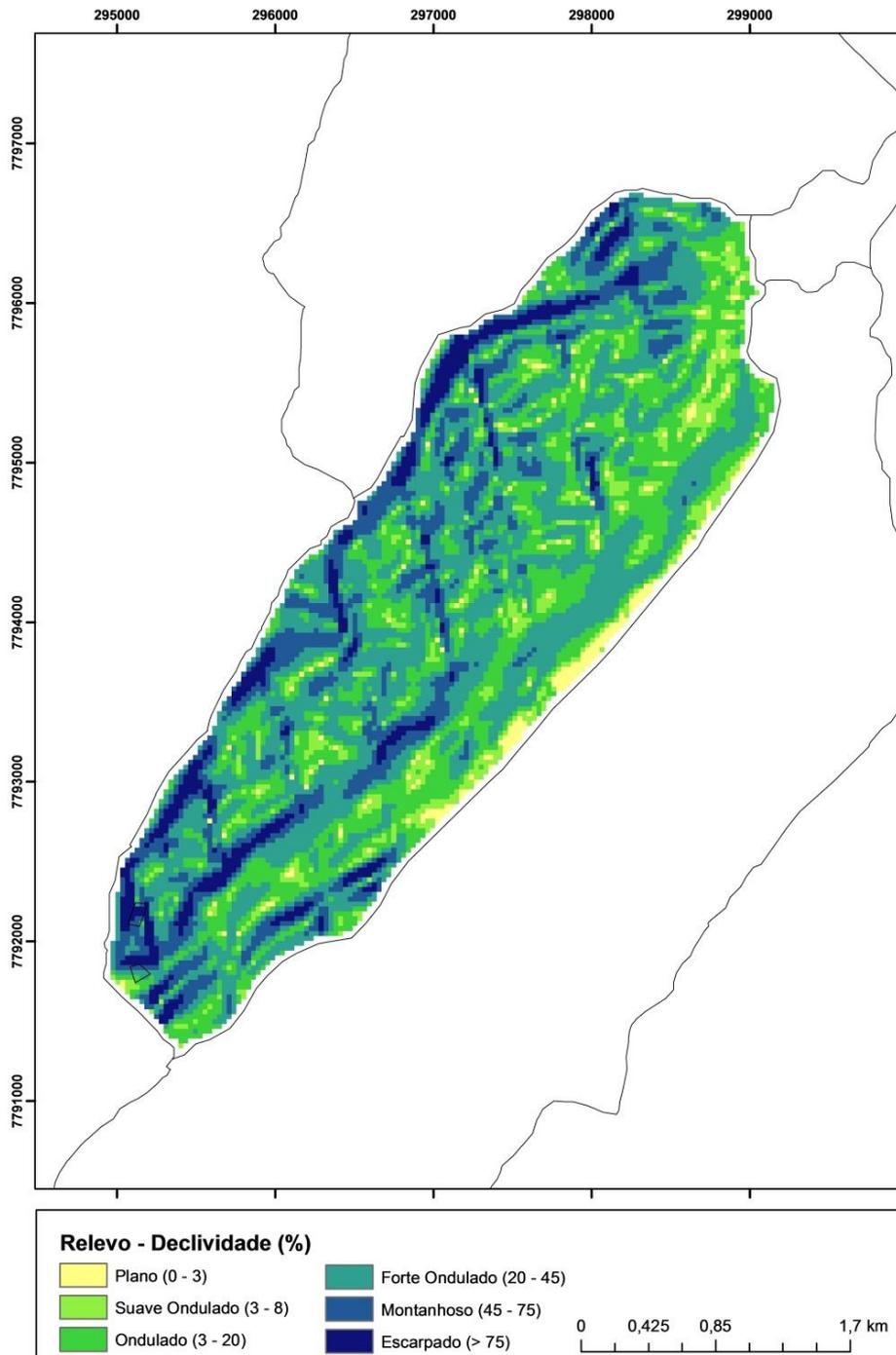
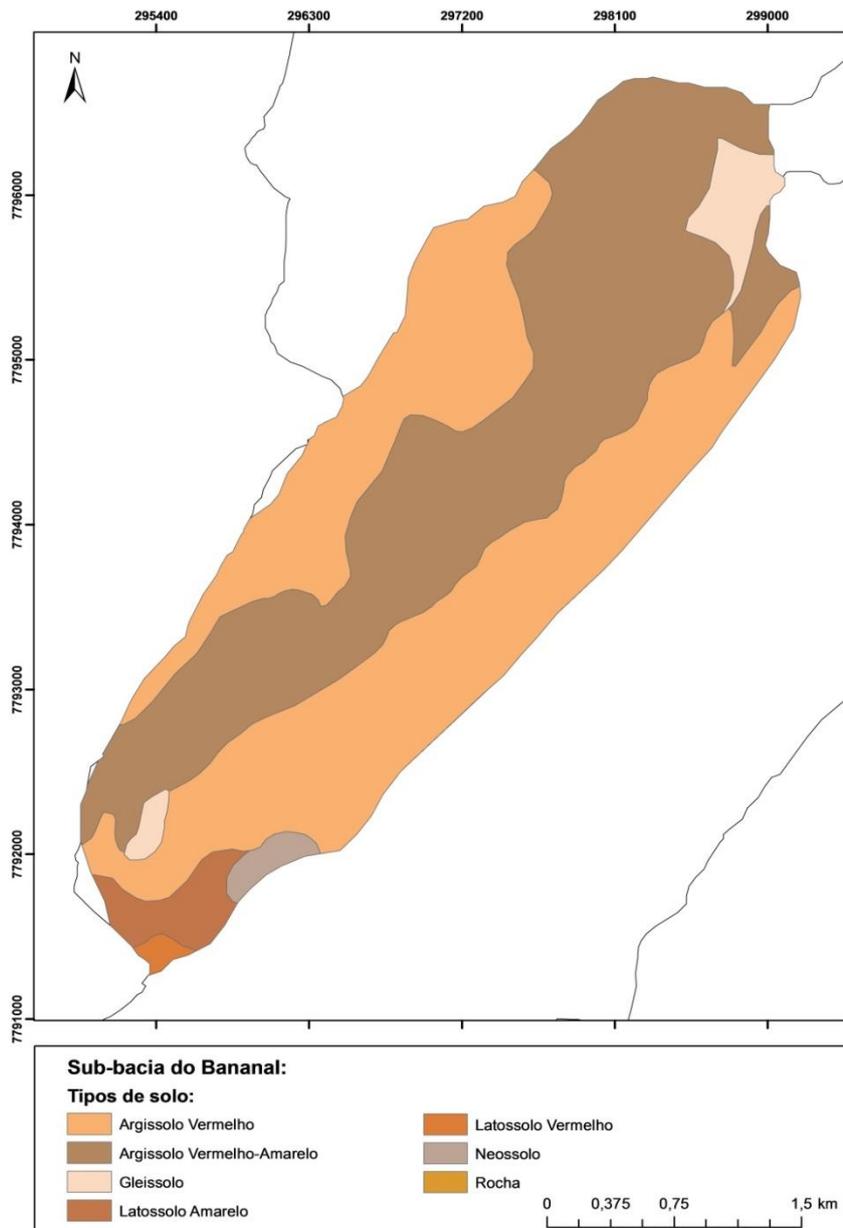


Figura 13: Mapa de declividade da bacia do Córrego Bananal, Itarana/ES. Organizado por Ribeiro, A.P., 2014)

Com relação aos tipos de solo predominantes na microbacia, têm-se o Argissolo Vermelho (62,70%) e o Argissolo Vermelho Amarelo (30,36%), seguidos do Gleissolo, Latossolo Amarelo, Neossolo, Latossolo Vermelho e Rocha, com menor incidência. De uma maneira geral, os solos predominantes na região são solos muito suscetíveis à erosão, sobretudo onde a topografia é mais acidentada e com declives muito fortes (relevo fortemente ondulado e montanhoso) (Figura 14).



**Figura 14: Caracterização pedológica da bacia do córrego Bananal. Organizado por Ribeiro, A.P., 2014).**

## 5.2. Descrição das principais características dos pontos de estudo

Os resultados da caracterização do uso e ocupação do solo, por pontos de estudo, obtidos na microbacia hidrográfica do córrego Bananal, estão resumidamente descritos no quadro a seguir (Quadro 2) e descritos detalhadamente em seguida.

Principais Características dos pontos de estudo								
Coordenadas Geográficas	Localização	Outras características	Culturas Produzidas	Criação Animal	Outros Usos	Tratamento de água	Poço artesiano	Classe de Qualidade da água requerida
1 24k 0295455 - UTM 7791852	Localizado na nascente do Córrego Bananal, dentro da propriedade do Sr. Virgílio Magri. O ponto se localiza ligeiramente abaixo da nascente em si, visto que na nascente propriamente dita não é possível medir a vazão devido às suas características físicas	A propriedade é caracterizada pela grande presença de área de pastagem, no entanto, a área escolhida para coleta apresenta vestígios de vegetação remanescente.	Produção principal de café e banana, havendo períodos do ano em que plantam tomate	Há criação de bois e porcos na propriedade que, apesar de não ser em grande número, localiza-se acima do ponto onde a água nasce.		Não há tratamento da água de consumo (nascente), apenas filtro. Eles não utilizam água de poço artesiano para consumo.	Não possui	Classe 1
2 24k 0296070 - UTM 7792760	Propriedade dos Flegher, acima da estrada da propriedade, logo após a descida da água pela pedra	A propriedade é caracterizada pela grande presença de área de pastagem, no entanto, a área escolhida para coleta apresenta vestígios de vegetação remanescente.	Café, inhame, mamão e tomate	Criação de porcos. Obs.: um dos chiqueiros localiza-se próximo ao poço artesiano.	A água do poço artesiano é utilizada também para recreação (piscinas)	Na localidade não há tratamento da água para consumo (poço artesiano), apenas filtro.	Informação não obtida.	Classe 1
3 24k 0297100 - UTM 7793495	Propriedade do Sr. Cláudio Uhlig, acima da ponte.	Neste trecho há uma certa quantidade de pedras, o que pode gerar um aumento da turbulência da água.	Café, milho, inhame, feijão e cacau.	Há criação de peixes e patos para consumo, na mesma lagoa de onde é retirada a água para irrigação.		A água utilizada para consumo humano provém do poço artesiano e não há tratamento, apenas filtro.	10 metros	Classe 2
4 24k 0297914 - UTM 7794186	Propriedade do Sr. José Luiz Uhlig, alguns metros antes do local de travessia do córrego.	A calha é bastante uniforme e retilínea. Nesse ponto observa-se uma pequena quantidade de água corrente no período seco e no período chuvoso há um maior volume.	Café, inhame e milho e em alguns períodos há cultivo de hortaliças e folhas verdes	Poucos bois que ficam soltos pela região.		Não há tratamento da água de consumo (nascente), apenas filtro.	7 metros (não é utilizado para consumo, apenas para irrigação)	Classe 1
5 24k 0298685 - UTM 7794988	Propriedade do Sr. Marquinhos Ferrari, alguns metros antes da ponte de passagem.	Nos períodos secos, encontra-se completamente sem água. Segundo o produtor, o córrego só enche em casos de chuva muito forte e prolongada. Em visita à propriedade nos períodos chuvosos, encontrou-se água corrente no local, porém em pouca quantidade. O poço subterrâneo tem aprox. 18 metros de profundidade e hoje em dia sua água não é mais utilizada para consumo, apenas em casos de escassez da água da nascente. Usa-se a água do poço para irrigação, bem como a água da lagoa.	Café, banana, milho, pimentão e coco. Houve algumas tentativas de plantio de abóbora, mas nenhuma obteve sucesso.	Criação de galinhas e de porcos e o chiqueiro localiza-se próximo ao poço escavado, sendo seus dejetos despejados no mesmo.		A água utilizada para consumo provém da nascente e não tem tratamento, apenas passa por filtragem.	18 metros	Classe 1
6 24k 0298995 - UTM 7796028	Propriedade do Sr. Xexéu. É o ponto mais a jusante da microbacia do Bananal, localizado cerca de 300 metros do encontro com o córrego Sossego.	O local não sofre influência do Córrego Sossego em situações de cheia, ou seja, a água do Córrego Sossego não chega até lá em situações como essa.	Café e banana	Criação de galinhas.	A água do poço subterrâneo é utilizada também para recreação (piscina)	Não há tratamento da água utilizada para consumo (poço artesiano). É realizada apenas filtragem e, eventualmente, eles adicionam cloro por conta própria.	9 metros	Classe 2

Quadro 2 – Principais Características dos pontos de estudo

**Ponto 1.** Esse ponto está localizado próximo à nascente do Córrego Bananal, ligeiramente abaixo de onde nasce o curso d'água, visto que na nascente propriamente dita não foi possível medir a vazão devido às suas características físicas, tais como presença de vegetação e formato do corpo d'água. Na propriedade onde está inserido este ponto de monitoramento há grande presença de área de pastagem, no entanto, no entorno do ponto escolhido para coleta da água e medição da vazão; há vestígios de vegetação remanescente. A produção agrícola predominante é de café e banana, havendo períodos do ano em que plantam tomate. Também há pequena criação de bois e porcos, as quais se localizam a montante da nascente. Na propriedade, a água utilizada para consumo humano é advinda da própria nascente e não é feito o tratamento adequado dessa água para consumo. Os moradores utilizam apenas filtro na saída da torneira. Nesta propriedade não há presença de poço artesiano, portanto, eles não utilizam água de poço artesiano para consumo (Figura 15).

Dos usos preponderantes que foram observados no entorno desse ponto, têm-se, para as águas superficiais (córrego e poço escavado), o cultivo de tomate como sendo o uso mais restritivo. Isto porque segundo a Resolução CONAMA nº 357/2005, as águas destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película devem apresentar qualidade compatível à Classe 1. Portanto, a classe de qualidade da água requerida para a região seria a Classe 1, de acordo com os usos mais restritivos que ali são feitos. Esse ponto, conforme mencionado na metodologia, não possui poço artesiano; portanto, a água utilizada para consumo humano é a água da nascente, sendo esse o seu uso mais restritivo e por isso havendo a necessidade de que os parâmetros sigam os padrões estabelecidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518/2004 que estabelece os padrões de qualidade da água para o consumo humano.



Figura 15: fotos dos pontos P1-1 (córrego), P1-2 (reservatório).

**Ponto 2.** Na propriedade onde está inserido o Ponto 2 ocorre grande presença de pastagem, o cultivo agrícola baseia-se em café, inhame, mamão e tomate, e há também a criação de porcos. É importante salientar que, nesse ponto, um dos chiqueiros localiza-se próximo ao poço de artesiano, fato que ocasiona a deterioração de sua qualidade para o consumo humano, gerando a presença e/ou aumento de fósforo, nitrogênio e de coliformes fecais, além de outros parâmetros relacionados à criação animal, o que pode ser confirmado mais adiante nesse trabalho, através da observação e análise dos resultados.

Esse ponto localiza-se acima da pequena estrada que atravessa a propriedade, próximo à pedra por onde a água desce (Figura 16 [P2-1]), formando uma cascata, que tem seu volume de água alterado de acordo com o período do ano. Essa característica pode gerar alteração no nível de turbulência da água no local e, conseqüentemente, na sua turbidez e no total de sólidos em suspensão. No período seco, o referido ponto apresenta a sua quantidade de água muito reduzida e no período chuvoso ocorre um aumento de seu volume, formando uma queda d'água forte. A água do poço artesiano é utilizada tanto para recreação, quanto para consumo doméstico, no entanto, na localidade não é realizado qualquer tipo de tratamento nessa água, existindo apenas filtros na saída de água da torneira (Figura 16). Não foram obtidas informações sobre a profundidade desse poço.

Assim como observado no ponto 1, o uso preponderante mais restritivo feito na região onde se encontra o ponto 2 é, para as águas superficiais, o cultivo de tomate.

Portanto, considera-se a Classe 1 como sendo a classe de qualidade da água requerida para a região. Com relação à água do poço artesiano, constatou-se que ela é utilizada para o consumo humano, bem como para recreação de contato primário, sendo esses os seus usos mais restritivos e por isso havendo a necessidade de que os parâmetros também sigam os padrões estabelecidos pela Portaria nº 518/2004.



Figura 16: Localização dos pontos P2-1 (córrego), P2-2 (reservatório).

**Ponto 3.** Este ponto está inserido em uma propriedade onde a produção agrícola baseia-se no cultivo de café, milho, inhame, feijão e cacau. Também é feita criação de peixes e patos para o próprio consumo do agricultor e sua família, no mesmo reservatório de onde é retirada a água para a irrigação. O ponto localiza-se a jusante da ponte presente na estrada principal da microbacia, que atravessa a propriedade e não se apresenta completamente sem água no período seco, sendo que no período chuvoso, a vazão observada no local aumenta consideravelmente. Nesse trecho do corpo hídrico há uma certa quantidade de pedras, o que pode aumentar o nível de turbulência na água e, conseqüentemente, elevar a sua turbidez e o total de sólidos em suspensão. A água utilizada para consumo humano provém do poço subterrâneo e, assim como nas outras propriedades, não há tratamento, apenas filtro na saída da torneira.

Dos usos preponderantes que foram observados no entorno desse ponto, tem-se, para as águas superficiais, a aquicultura e as culturas de café, milho, inhame, feijão e cacau como sendo os usos mais restritivos, visto que,

conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 357/2005, as águas destinadas a aquicultura e a atividade de pesca, bem como à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas devem apresentar qualidade equivalente à Classe 2. Portanto, seria a classe 2 a classe de qualidade da água requerida para a região. A água do poço artesiano, por sua vez, é utilizada para consumo humano e, assim como nos outros pontos, há a necessidade de que os parâmetros sigam os padrões estabelecidos pela Portaria MS nº 518/2004. O poço artesiano dessa propriedade apresenta aproximadamente 10 metros de profundidade.



Figura 17: Localização dos pontos P3-1 (córrego), P3-2 (reservatório).

**Ponto 4.** Localiza-se em uma propriedade em que a produção agrícola é centrada principalmente em café, inhame e milho e em alguns períodos do ano há a rotatividade de culturas, com o cultivo de hortaliças e folhas verdes variadas. Não há criação de porcos, apenas alguns poucos bois que ficam soltos pela região. A calha do córrego no local é bastante uniforme e retilínea e o ponto escolhido para a coleta localiza-se a alguns metros a jusante da pequena ponte localizada na propriedade (Figura 18). Nesse ponto observa-se uma pequena quantidade de água corrente no período seco e no período chuvoso há um volume maior. A água utilizada para consumo humano é captada diretamente da nascente e não é feito tratamento da mesma.

Ao se observar os usos preponderantes dessa área, tem-se, para as águas superficiais, o cultivo de hortaliças e folhas verdes como o uso mais restritivo, visto que, conforme estabelece a Resolução CONAMA nº 357/2005, as águas

destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas devem apresentar qualidade de acordo com a Classe 1. Portanto, a Classe 1 é a classe de qualidade da água requerida para a região.

Conforme mencionado na metodologia, o poço artesiano desse ponto, que possui cerca de 7 metros de profundidade, foi contaminado pela água da enchente ocorrida no final de 2013 e, devido a isso, sua água foi inutilizada. Portanto, a água utilizada para o consumo humano é advinda da nascente e é esse o seu uso mais restritivo, havendo, por isso, a necessidade de que os parâmetros sigam os padrões estabelecidos pela Portaria MS nº 518/2004.



**Figura 18: Localização dos pontos P4-1 (córrego), P4-2 (reservatório).**

**Ponto 5.** Esse ponto localiza-se a alguns metros a jusante da ponte situada na propriedade. Observou-se, em visita técnica ao local, que nos períodos de estiagem o local encontra-se completamente sem água, sendo essa constatação confirmada pelo produtor rural, que informou que o córrego só enche em casos de chuva muito forte e prolongada, tendo água corrente apenas por alguns meses do ano. Em visita à propriedade nos períodos chuvosos, encontrou-se água corrente no local, porém em pouca quantidade (Figura 19).

A produção agrícola principal da propriedade é de café, banana, milho, pimentão e coco. Têm-se também a criação de galinhas e porcos, sendo que estes últimos ficam confinados em um chiqueiro localizado próximo ao poço escavado, o qual tem sua água utilizada para a irrigação. Os dejetos desses

animais são despejados no interior do mesmo, fato que leva à uma contaminação do corpo hídrico, a qual pode ser facilmente observada devido a uma grande quantidade de macrófitas aquáticas na região, caracterizando elevado estado de eutrofização deste reservatório, devido a elevados valores de fósforo e/ou nitrogênio.

A água utilizada para consumo humano provém da nascente e não é realizado qualquer tratamento para a sua utilização, passando apenas por filtragem na saída da torneira. Antigamente os proprietários dessa área utilizavam para seu consumo próprio a água do poço artesiano, que tem aproximadamente 18 metros de profundidade. No entanto, hoje em dia a água do poço é utilizada para irrigação nos casos em que a disponibilidade de água superficial diminui; e utilizada eventualmente para consumo humano em casos de escassez ou diminuição da disponibilidade de água da nascente.

O uso mais restritivo observado na região é o cultivo de pimentão, visto que trata-se de um fruto cultivado rente ao solo e, conforme a resolução CONAMA 357/2005, usos conforme o mencionado necessitam dos requisitos de qualidade da água da Classe 1. Os outros usos feitos na localidade necessitam de qualidade compatível com a Classe 2; no entanto, como a qualidade requerida deve se basear no uso mais restritivo, seria necessário que a região apresentasse os valores de seus parâmetros de acordo com o que estabelecido para a classe 1 dessa mesma resolução. A água do poço artesiano é utilizada eventualmente para consumo humano e assim como nos outros pontos, há a necessidade de que os parâmetros sigam os padrões estabelecidos pela Portaria nº 518/2004.



**Figura 19: Localização dos pontos P5-1 (Córrego) e P5-2 (Reservatório).**

**Ponto 6.** Está localizado mais a jusante do córrego do Bananal, estando pouco antes do encontro com o córrego Sossego (Figura 20). Neste local as principais culturas produzidas são o café e a banana e há também a criação de galinhas. Nesse ponto, conforme informado pelo produtor, não há influência do córrego Sossego em situações de cheia, ou seja, a água do córrego Sossego não chega até lá em situações como essa.

A água utilizada para consumo provém do poço artesiano, o qual tem cerca de 9 metros de profundidade. Assim como nas outras propriedades, não é feito tratamento dessa água para a sua utilização, sendo realizada apenas uma filtragem após a passagem pela caixa d'água e, eventualmente, adição de cloro por conta própria. A água do poço subterrâneo é utilizada também para recreação (piscina).

Quanto às exigências de qualidade da água, esse ponto não apresenta exigências tão elevadas, visto que seus usos preponderantes são o cultivo de café e banana, usos que exigem águas com requisitos de qualidade de acordo com a classe 2. Bem como nos demais pontos, a água do poço artesiano é utilizada para consumo humano e há a necessidade de que os parâmetros sigam os padrões estabelecidos pela Portaria nº 518/2004.



**Figura 20: Localização dos pontos P6-1 (córrego), P6-2 (reservatório).**

### 5.3. Diagnóstico da disponibilidade hídrica superficial

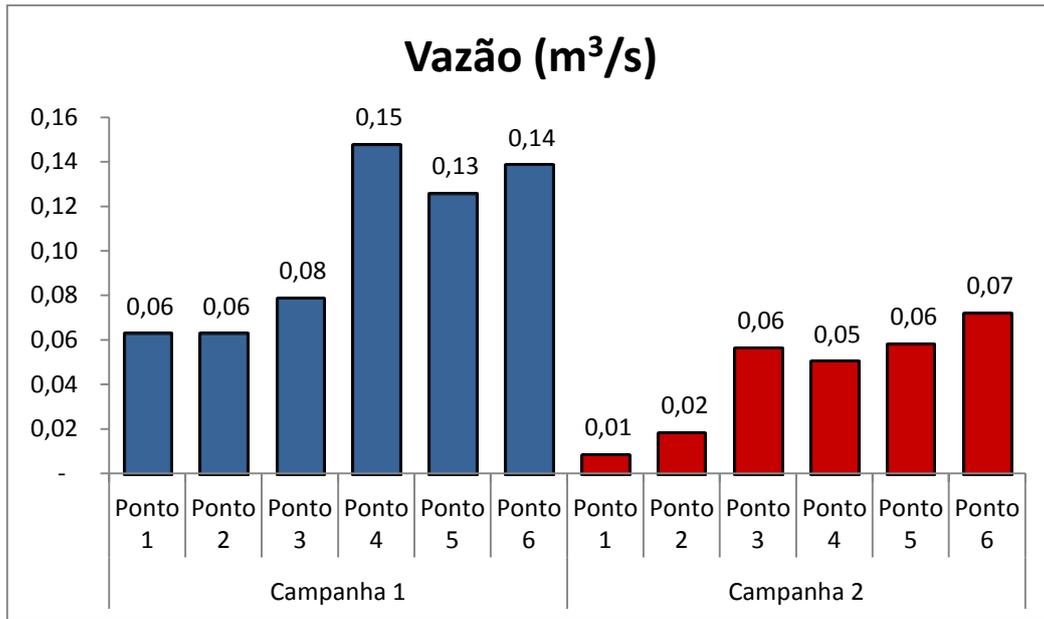
As campanhas de campo foram realizadas em meses característicos de período chuvoso (janeiro/2014) e período seco (maio/2014).

O uso do método de flutuadores mostrou-se apropriado para estimativas de descargas líquidas nas seções de medição. O resumo das medições realizadas é apresentado na Tabela 2.

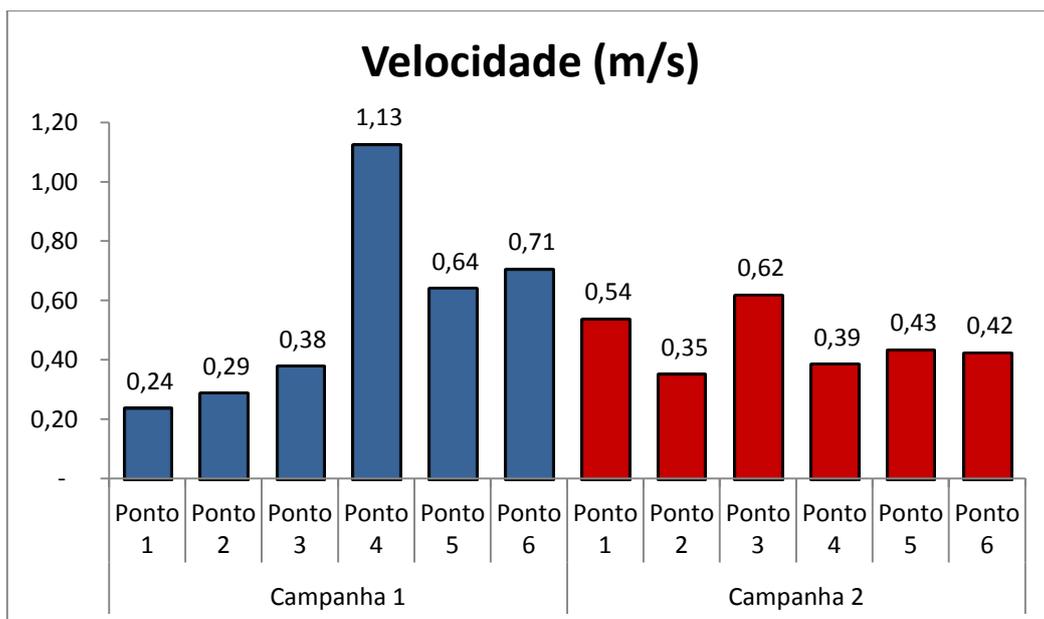
**Tabela 2: Resumo de medição de descarga líquida no Córrego Bananal. Campanhas 1 e 2 (janeiro e maio de 2014).**

Campanha	Ponto	Profundidade (cm)	Largura (m)	Comprimento (m)	Área Transversal (m <sup>2</sup> )	Velocidade (m/s)	Vazão (L/s)
Janeiro (Campanha 1/ Período Chuvoso)	P 1-1	5,50	1,35	3,26	0,07	0,24	62,9
	P 2-1	11,14	2,19	3,10	0,24	0,29	62,9
	P 3-1	8,89	2,60	3,30	0,23	0,38	78,7
	P 4-1	9,71	1,50	4,90	0,15	1,13	147,7
	P 5-1	6,41	3,40	6,30	0,22	0,64	125,7
	P 6-1	17,33	1,26	3,95	0,22	0,71	138,6
Maio (Campanha 2/ período seco)	P 1-1	3,90	0,40	2,38	0,02	0,54	8,4
	P 2-1	4,50	1,16	4,28	0,05	0,35	18,4
	P 3-1	8,50	1,07	4,23	0,09	0,62	56,3
	P 4-1	14,48	0,90	2,70	0,13	0,39	50,2
	P 5-1	4,83	2,77	3,66	0,13	0,43	58,1
	P 6-1	12,60	1,35	3,62	0,17	0,42	72,1

O gráfico 1 apresenta as medidas de vazão realizadas durante as campanhas de monitoramento e o gráfico 2 apresenta as velocidades medidas em ambas as campanhas.



**Gráfico 1: Vazões medidas nas seções de monitoramento no Córrego Bananal. Campanhas de janeiro (campanha 1) e maio (campanha 2) de 2014.**



**Gráfico 2: Velocidades medidas nas seções de monitoramento no Córrego Bananal. Campanhas de janeiro (campanha 1) e maio (campanha 2) de 2014.**

Analisando o gráfico de vazão, observa-se, conforme naturalmente esperado, que há uma tendência de aumento da vazão de montante para jusante, ou seja, do ponto 1 para o ponto 6, tanto na campanha 1, quanto na campanha 2. No entanto, observa-se que ocorreram eventuais anomalias (pontos 4 para 5 e 6 – campanha 1; pontos 3 para 4 e 5 – campanha 2), onde houve uma redução, seguida de um aumento de vazão. Um dos motivos que pode justificar

essa situação se deve ao fato de que, em todas as propriedades, ocorrem captações de água com fins de acumulação em reservatórios, em busca de atender aos interesses individuais de cada produtor. Tal fato tem interferido significativamente nos regimes hídricos do córrego Bananal e de seus afluentes, visto que chega a transformá-los em intermitentes, em períodos de baixas precipitações pluviométricas.

Ao se comparar os resultados entre as campanhas, pode-se observar que a vazão na campanha 1 foi relativamente maior que na campanha 2, em todos os pontos analisados, o que já era esperado, visto que a campanha 1 foi realizada no período chuvoso e a campanha 2 no período de estiagem.

Os resultados das campanhas de monitoramento quantitativo dos recursos hídricos mostram as condições precárias e escassas de escoamento de água superficial no córrego Bananal, principalmente no período de estiagem, visto que diversos pontos se apresentaram, nos dias de medição, com vazões muito pequenas, indicando a baixa disponibilidade de água na região. Além disso, em visitas realizadas na localidade em outras datas do período de estiagem, alguns pontos do córrego apresentaram-se com ausência total de escoamento.

Essa intermitência, segundo moradores da bacia, tem se agravado ao longo dos anos, em função, principalmente, dos aumentos de demanda de água para abastecimento de sistemas de irrigação e da construção de mais reservatórios para atendimento das demandas individuais.

Os resultados encontrados estão de acordo com os obtidos por LABGEST (2011c) e FEST/GEARH/UFES (2003), que concluíram que as demandas de água em período seco na bacia do córrego Sossego poderiam facilmente exceder as disponibilidades naturais, fato que foi observado no presente trabalho.

## 5.4. Análise da influência da qualidade das águas nos usos e dos usos na qualidade

### 5.3.1. Diagnóstico da qualidade da água

As precipitações pluviométricas nos dias de coleta e dias anteriores são apresentadas na Tabela 3.

**Tabela 3 :. Precipitações pluviométricas medidas nos períodos de campanhas (ANA, 2014).**

Precipitação Pluviométrica (mm) – dias antecedentes à coleta	Campanha 1 Janeiro/2014	Campanha 2 Maio/2014
24 h	0	0
3 dias	0	3,1
7 dias	0	4,4
15 dias	13,8	4,4

Os valores obtidos após análise para os parâmetros de qualidade da água foram comparados com os valores estabelecidos pelas legislações vigentes, sendo elas a Resolução CONAMA nº 357/2005, para águas superficiais, a Resolução CONAMA nº 396/2008, para águas subterrâneas e a Portaria MS nº 518/2004, que estabelece os padrões de qualidade da água para o consumo humano.

Nos Quadros 3 e 4 são apresentados: os resultados obtidos para os parâmetros de qualidade de água, nas duas campanhas e em todos os pontos analisados; informações sobre os usos atuais em cada ponto e a classe de qualidade de água requerida para os usos mais sensíveis que são feitos em cada ponto. Os resultados obtidos foram comparados com as resoluções citadas anteriormente, sendo os valores analisados marcados com cores correspondendo às classes de qualidade de água a que pertencem.

Parâmetros		Pontos	Campanha	Nitrogênio Amônia	DBO	Sólidos Dissolvidos	Coliformes Termotolerantes	Fósforo Total	Temperatura	Condutividade	Oxigênio Dissolvido	Ph	Turbidez
Unidades	mg/L (como N)												
Limites Classe 1 CONAMA 357/05		P 1-1	1	0,19	<3,00	72,00	430,00	0,20	24,88	0,10	6,00	5,96	16,30
			2	<0,015	4,20	34,50	68,00	0,13	22,06	0,07	6,94	6,00	103,00
Limites Classe 2 CONAMA 357/05		P 2-1	1	0,16	<3,00	102,00	460,00	0,25	23,69	0,09	5,83	6,69	42,90
			2	0,24	3,60	35,70	3500,00	0,14	21,11	0,07	7,60	6,14	114,00
Limites Classe 3 CONAMA		P 3-1	1	0,27	<3,00	128,00	790,00	0,15	23,51	0,09	7,04	6,39	30,20
			2	0,21	<3,00	52,60	1300,00	0,13	21,54	0,11	7,50	7,05	102,00
Limites Classe 4 CONAMA		P 4-1	1	0,28	<3,00	106,00	1700,00	0,26	25,17	0,12	5,45	6,55	88,10
			2	0,23	<3,00	58,70	1100,00	0,15	22,22	0,11	7,26	6,36	108,00
Usos atuais	Classe Requerida	P 5-1	1	0,14	<3,00	88,00	790,00	0,17	24,44	0,11	6,42	6,47	119,00
			2	0,15	<3,00	63,30	1300,00	0,13	21,63	0,13	6,30	6,70	105,00
Café, banana e galinhas.	Classe 2	P 6-1	1	0,22	<3,00	116,00	1700,00	0,15	24,05	0,12	7,44	5,82	111,00
			2	0,22	<3,00	61,00	1300,00	0,13	21,25	0,13	6,73	6,26	77,00
Café, banana, tomate, bois e porcos.	Classe 1	P 1-2	1	0,37	<3,00	106,00	X	0,21	29,43	0,13	5,07	5,80	19,30
			2	<0,015	3,60	37,60	45,00	0,02	22,63	0,08	5,72	5,95	18,70
Café, inhame, mamão, tomate e porcos	Classe 1	P 2-2	1	0,17	<3,00	128,00	X	0,16	28,36	0,13	6,01	6,65	19,00
			2	0,17	3,40	39,00	790,00	0,12	22,57	0,08	6,93	6,44	72,60
Café, milho, inhame, feijão, cacau, peixes e patos	Classe 2	P 3-2	1	0,17	3,00	140,00	X	0,19	29,10	0,11	4,62	6,44	89,70
			2	0,21	3,80	51,00	20,00	0,12	24,58	0,10	6,17	6,25	49,10
Café, inhame e milho, hortaliças, folhas verdes e bois	Classe 1	P 4-2	1	0,21	4,00	114,00	X	0,22	28,13	0,14	6,19	6,49	50,40
			2	0,18	<3,00	58,90	330,00	0,14	23,64	0,12	5,91	6,18	104,00
Café, banana, milho, pimentão, coco, galinhas e porcos	Classe 1	P 5-2	1	0,24	<3,00	140,00	X	0,32	26,70	0,19	3,50	6,42	61,10
			2	0,25	3,80	79,70	330,00	0,14	25,56	0,16	3,65	6,40	36,50
Café, banana e galinhas.	Classe 2	P 6-2	1	0,24	<3,00	166,00	X	0,16	29,70	0,12	5,51	6,48	55,70
			2	0,20	<3,00	42,00	330,00	0,12	24,24	0,08	5,72	6,51	96,70

Quadro 3- Resultados dos parâmetros de qualidade da água superficial obtidos no córrego Bananal e reservatórios

Parametros	Nitrogênio Amoniacal	Sólidos Dissolvidos	Coliformes Termotolerantes	Fósforo Total	Temperatura	Condutividade	Oxigenio Dissolvido	Ph	Turbidez	
Unidades	mg/L (como N)	mg/L	NMP/ 100mL	mg/L	°C	mS/cm	mg/L	units	NTU	
Limite CONAMA 396/2008 (consumo humano)	-	1000 (VMP)	Ausência em 100 mL	-	-	-	-	-	-	
Limites Portaria 518/2004 (consumo humano)	-	1000 (VMP)	Ausência em 100 mL	-	-	-	-	6,0< pH< 9,5	≤5	
Pontos	Campanha	Resultados Obtidos								
P 1	CP 1	X		X	X	X	X	X	X	
	CP 2	<0,015	16,50	Presença em 100 mL *	0,12	21,73	0,04	7,48	5,86 *	5,1 *
P 2	CP 1	0,10	134,00	Presença em 100 mL *	0,20	28,27	0,16	4,36	6,01	4,80
	CP 2	<0,015	86,40	< 1,8 *	0,16	23,66	0,17	4,68	5,96 *	5,4 *
P 3	CP 1	0,25	156,00	Presença em 100 mL *	0,21	25,61	0,24	3,42	6,21	3,60
	CP 2	<0,015	115,90	< 1,8 *	0,08	24,73	0,23	2,77	6,15	5,1 *
P 4	CP 1	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	CP 2	<0,015	83,00	Presença em 100 mL *	<0,05	21,57	0,16	7,29	6,24	4,50
P 5	CP 1	0,15	154,00	Presença em 100 mL *	0,10	24,14	0,18	1,95	5,91 *	3,40
	CP 2	<0,015	92,80	< 1,8 *	0,09	24,10	0,18	2,37	6,04	9,3 *
P 6	CP 1	0,20	190,00	Presença em 100 mL *	0,11	25,31	0,25	3,82	5,75 *	6,5 *
	CP 2	<0,015	86,50	< 1,8 *	0,10	25,14	0,17	4,02	5,78 *	9,1 *
*	Valores em desconformidade com as legislações.									

**Quadro 4 - Resultados dos parâmetros de qualidade da água subterrânea (poço artesiano) obtidos na microbacia do córrego Bananal**

## Oxigênio Dissolvido

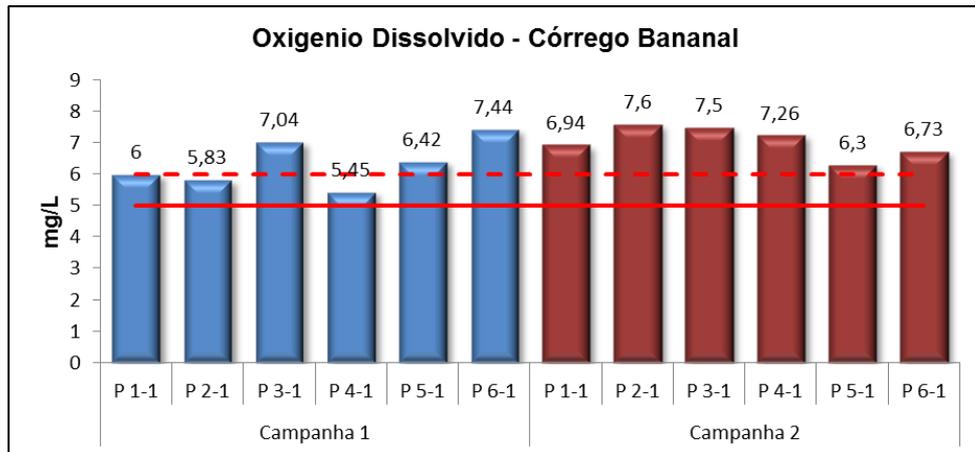


Gráfico 3: Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

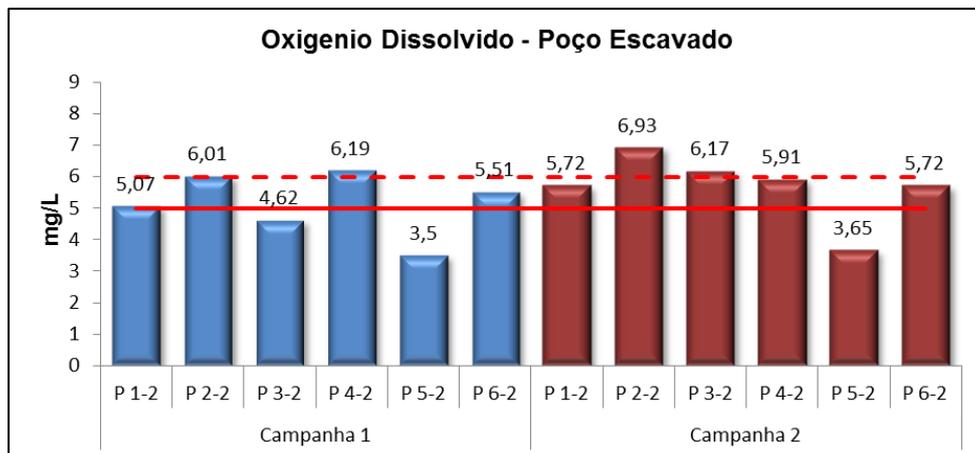


Gráfico 4: Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/l) monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

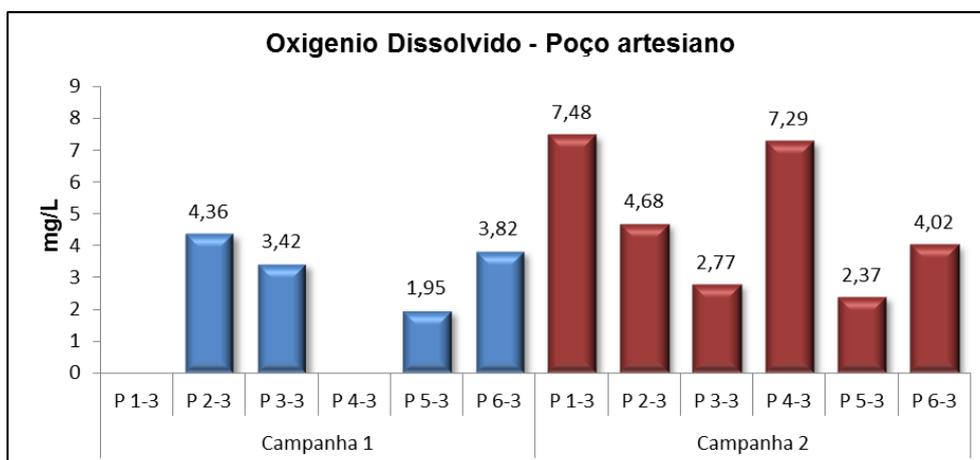


Gráfico 5: Valores de Oxigênio Dissolvido (mg/l) monitorados em poços artesanais da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

Os valores da concentração de OD nos períodos em que a temperatura da água era mais baixa (maio / outono), ou seja, na segunda campanha, apresentam-se com os mais altos teores, entre 6 e 7 mg/L nas águas de córrego (gráfico 3), em torno de 6 mg/L nas águas de poço escavado (gráfico 4) e entre 3 e 4 mg/L nas águas subterrâneas / poço artesianos (gráfico 5). Situação oposta a essa foi verificada com a elevação da temperatura em período mais quente do ano (janeiro / verão), ou seja, na primeira campanha, no qual houve uma redução na quantidade de OD para valores geralmente abaixo de 5 / 6 mg/L ou inferior a isso. Este comportamento já era previsto, levando-se em consideração que a solubilidade deste gás diminui com o aumento da temperatura.

Com relação à variação espacial da concentração de Oxigênio, os valores apresentaram-se em conformidade com as legislações na maioria dos pontos analisados na microbacia. No entanto, o ponto 5-2 (gráfico 4) deve ser observado com maior atenção, visto que este ponto apresenta como requisito valores dentro dos limites da classe 1, devido ao seu uso mais restritivo, que é o cultivo de pimentão. No entanto, os valores observados para este parâmetro estão abaixo dos limites da Classe 3, que deve ser maior ou igual a 4, conforme pode-se visualizar no Quadro 2. Esse ponto foi o que apresentou menores teores de OD, tanto no período mais quente quanto no período mais frio do ano.

O ponto 3-2 (gráfico 4), na primeira campanha, também apresentou valores abaixo do que preconiza a legislação 357/2005, o qual não deve ser inferior a 5mg/l para a classe 2, classe essa que foi definida como desejada para o ponto em questão, de acordo com seus usos preponderantes mais restritivos. Contudo, o ponto apresentou valores mais baixos do que os desejáveis, sendo compatíveis com os limites da classe 3, fato que pode ser justificado pela criação de peixes e patos no local, além da utilização descontrolada de fertilizantes e aditivos químicos, fato que gera maior produção de carga orgânica e consequente consumo do OD.

Os valores referentes aos pontos 2-1 e 4-1 (gráfico 3) na campanha 1, os valores referentes aos pontos 1-2 em ambas as campanhas, e 4-2 na

campanha 2 estão abaixo do valor estipulados para a classe 1, a qual seria requerida para os usos mais restritivos que se fazem nas localidades (gráfico 4).

Os outros pontos apresentam-se em conformidade com a legislação ou com valores próximos dos limites propostos pela Resolução.

Quanto aos valores de OD para os pontos de água subterrânea, Feitosa e Manoel Filho (1997) afirmam que os valores deste parâmetro ficam entre 1 e 5 mg/L, portanto, os valores encontrados nas amostragens desse trabalho encontram-se dentro dessa faixa, com exceção dos pontos 4 e 1, visto que tratam-se de água de nascente e, por isso, apresentam valores mais elevados, tendo sido, os valores encontrados na região estudada, próximos a 7 mg/L.

### Temperatura

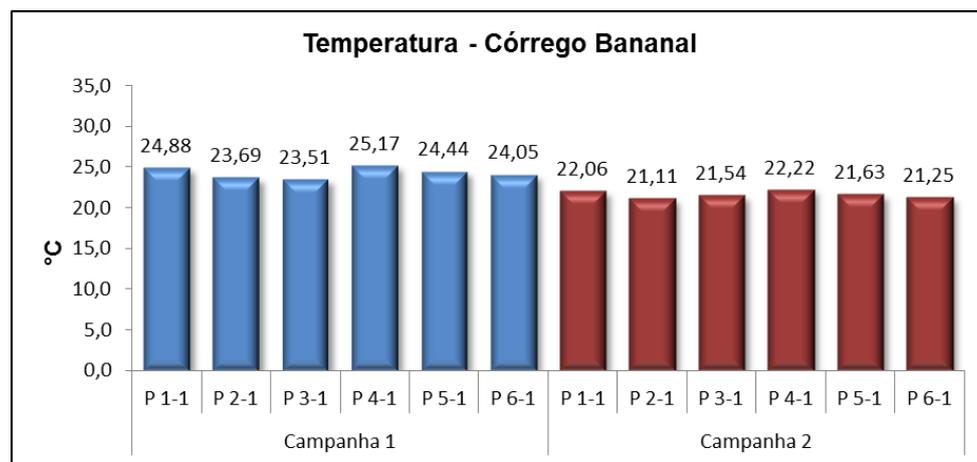
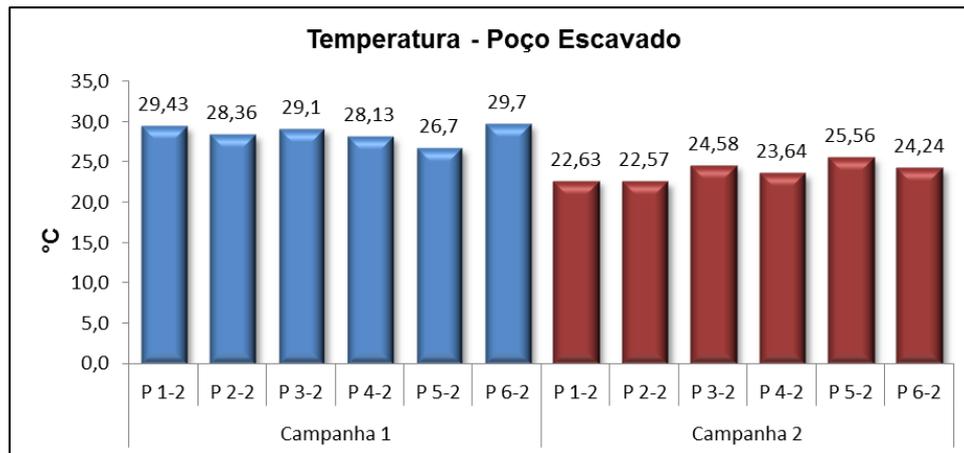
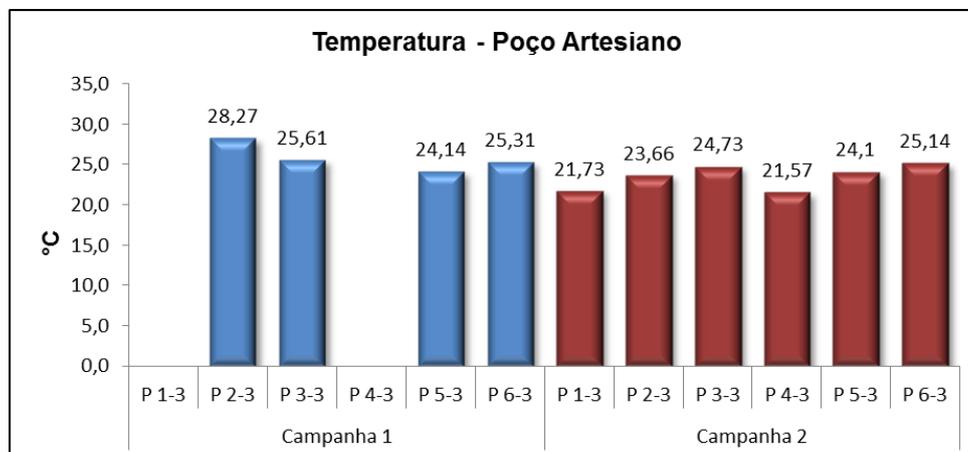


Gráfico 6: Valores de Temperatura (°C) monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.



**Gráfico 7: Valores de Temperatura (°C) monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.**



**Gráfico 8: Valores de Temperatura (°C) monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.**

Em relação à temperatura das amostras obtidas nos pontos de coleta, foi observado, no mês de janeiro (verão) de 2014, que as temperaturas variaram de 21,1 °C a 25,2 °C nas águas de córrego (gráfico 6); entre 22,6 °C e 29,7 °C nas águas de poço escavado (gráfico 7); e entre 21,6 °C e 28,3 °C nas águas subterrâneas (gráfico 8). Não foram coletadas amostras de água na nascente nesse período, devido a dificuldade técnicas encontradas em campo, conforme mencionado no capítulo 4, “Metodologia”.

Já no mês de maio (outono), foi observado que as temperaturas apresentaram uma leve queda, na maioria dos pontos, se comparadas às temperaturas observadas no mês de janeiro, com exceção das águas subterrâneas, que se apresentaram mais elevadas. Para as águas superficiais de córrego, foi observada uma variação da temperatura entre 21,1 °C e 22,2 °C (gráfico 6); para as águas superficiais de poço escavado, a variação ocorreu entre 22,6 °C

e 25,6 °C (gráfico 7); já nas águas subterrâneas a temperatura variou entre 23,7 °C e 28,3 °C (gráfico 8). As águas subterrâneas de nascente apresentaram temperatura em torno dos 21 °C nesse período.

### Sólidos Dissolvidos

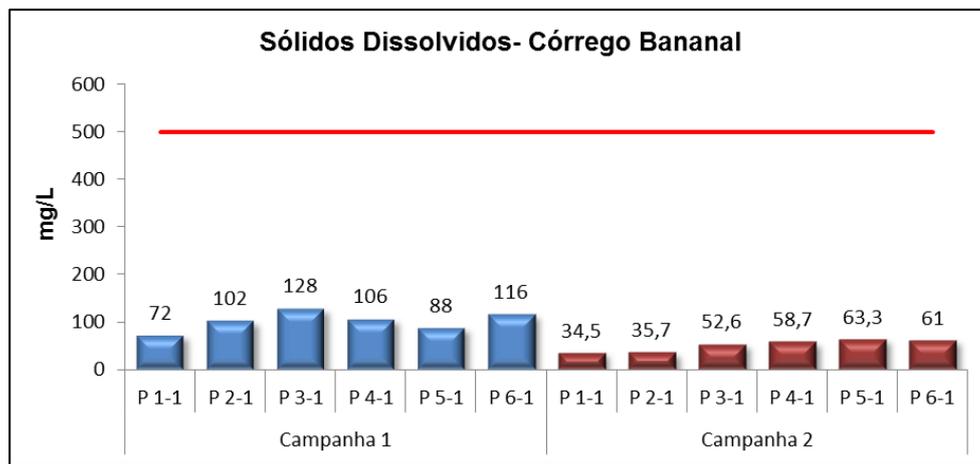


Gráfico 9: Valores de Sólidos Dissolvidos (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

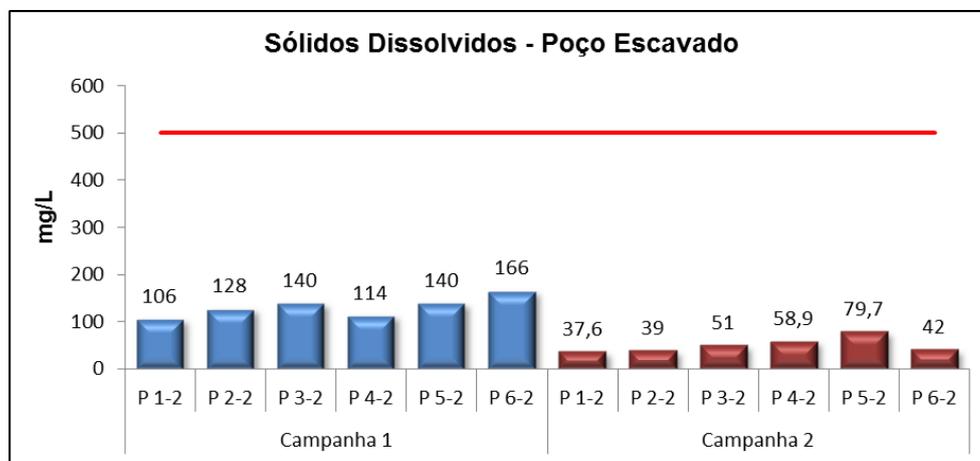


Gráfico 10: Valores de Sólidos Dissolvidos (mg/l) monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

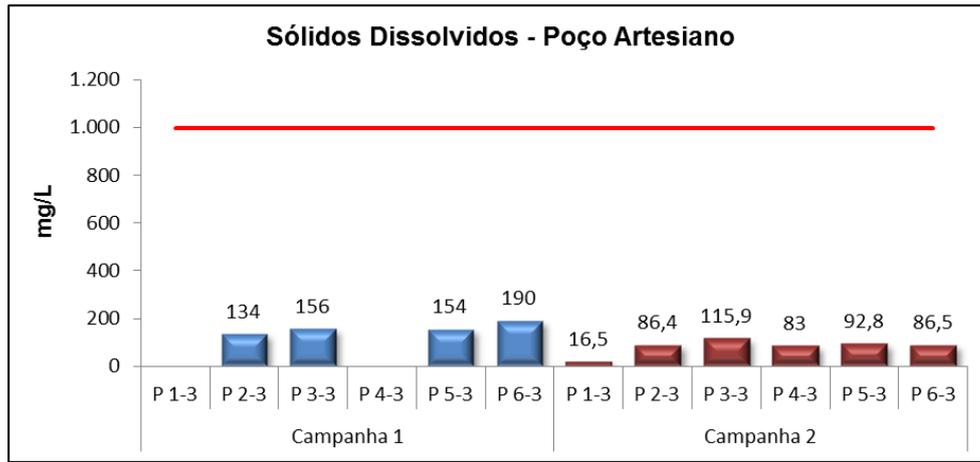


Gráfico 11: Valores de Sólidos Dissolvidos (mg/l) monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

As amostras não apresentaram problemas para o parâmetro Sólidos Dissolvidos Totais, nem temporal, nem espacialmente, visto que não foram observadas incompatibilidades com o que prevê a Resolução CONAMA 357/2005 para águas superficiais (gráficos 9 e 10). Com relação às águas subterrâneas, as amostras também se mostraram adequadas para este parâmetro, uma vez que ficaram abaixo do valor máximo de 500 mg/L estabelecido para consumo humano, conforme estabelece a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde (gráfico 11).

### Turbidez

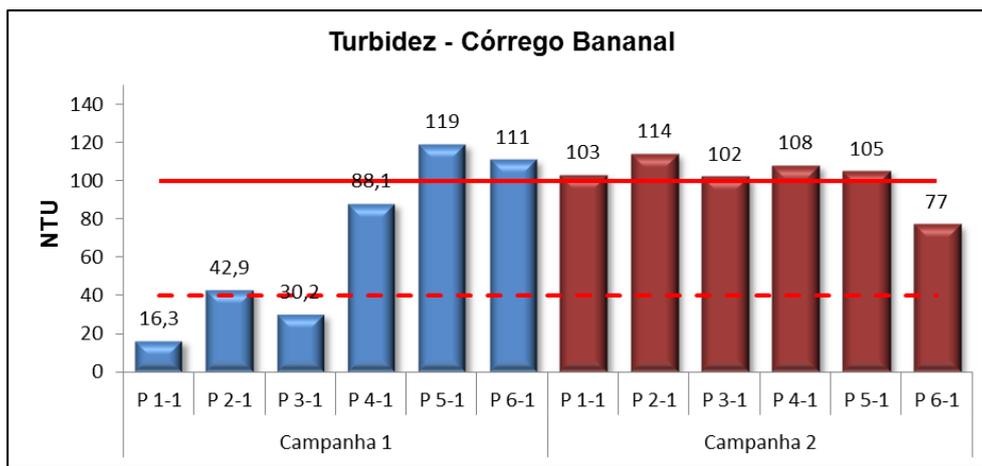
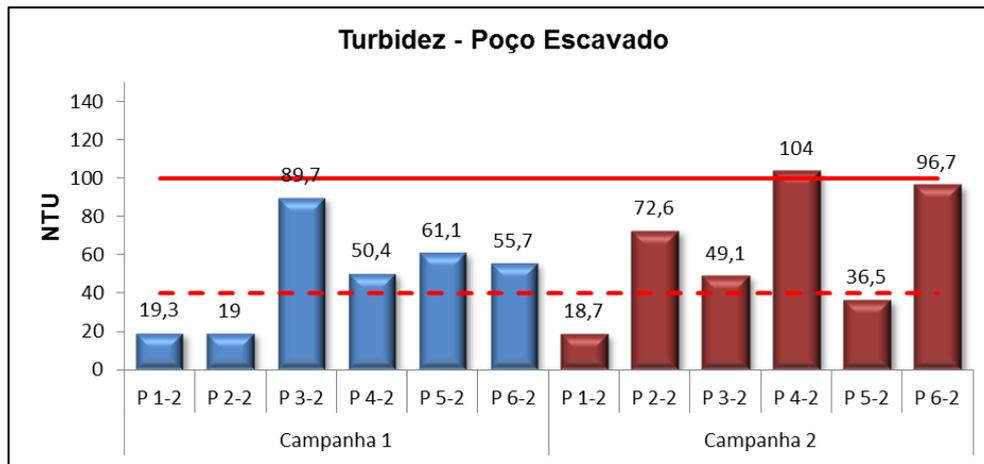
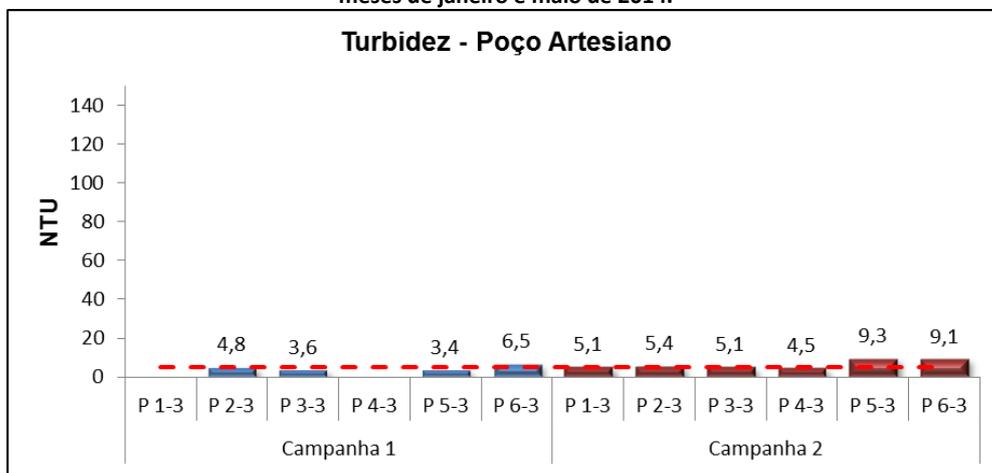


Gráfico 12: Valores de Turbidez (NTU) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.



**Gráfico 13: Valores de Turbidez (NTU) monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.**



**Gráfico 14: Valores de Turbidez (NTU) monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.**

Em relação ao parâmetro Turbidez, o mesmo apresentou-se problemático ao longo de toda a microbacia, visto que se encontrou acima dos limites requeridos para os usos em 13 dos 24 pontos analisados para águas superficiais (córrego e poço escavado). Este parâmetro apresentou maior criticidade e necessidade de observação nos pontos em que os valores ultrapassaram o limite estabelecido para a Classe 3, principalmente nos pontos onde a qualidade requerida era Classe 1, sendo eles, para as águas de córrego, os pontos P1-1; P2-1 e P4-1, todos na campanha 2 e P5-1 em ambas as campanhas (gráfico 12).

Para os pontos localizados nos poços escavados, 4 apresentaram valores de Turbidez superiores ao permitido na resolução nº 357/2005 para os usos mais restritivos feitos no local, sendo eles: P2-2 na segunda campanha, P5-2 na

primeira campanha e P4-2 em ambas as campanhas. Todos os pontos apresentam valores compatíveis com os limites da classe 2, porém a exigência era de padrão de qualidade compatível com a classe 1. Exceção se tem para o ponto 4-2, segunda campanha, que apresentou valor de Turbidez acima do permitido para a classe 3, que é 100UNT (gráfico 13).

Esses elevados valores de Turbidez constatados nas águas superficiais, tanto do córrego, quanto do poço escavado, podem ser resultantes do escoamento superficial existente na microbacia, o qual é intensificado devido à presença de grandes áreas de pastagem e ausência ou redução da vegetação ciliar em grande parte da bacia. 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.

Para as águas subterrâneas destinadas ao consumo humano, a Portaria MS nº. 518/2004 admite o valor máximo permitido (VMP) de 5UT para a Turbidez. Observando-se os valores no gráfico 14, percebe-se que os mesmos encontram-se variando em uma faixa de 3,4 à 9,3UT, indicando, em alguns pontos, desconformidade aos padrões de consumo humano. Os pontos que apresentaram valores em maior desconformidade com o que preconiza a legislação foram os pontos 5 e 6, ambos na segunda campanha, os quais tiveram seus valores em torno de 9UT e o ponto 1, na campanha 1, que apresentou valor de 6,5UT.

Em pesquisa realizada por Silva e Araújo (2003), os valores altos de Turbidez foram associados a poços com profundidade de até 10m, visto que esses podem tornar-se mais susceptíveis a contaminação por água da chuva e esgoto, fato que pode justificar tal desconformidade em alguns pontos, pois houve poços analisados que se enquadram dentro desse valor. Há também de se considerar, como possível motivo de contaminação, o material com que cada poço foi construído, bem como a frequência com que é dada a manutenção necessária a eles.

## pH

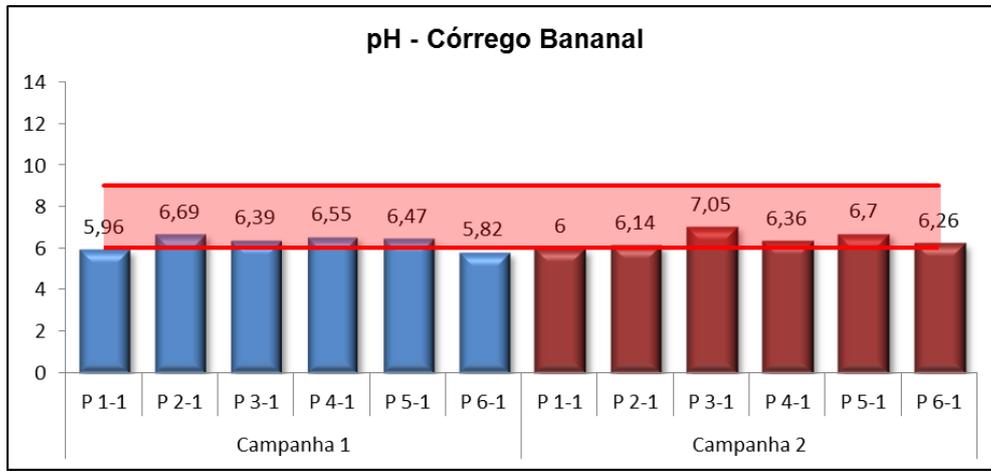


Gráfico 15: Valores de pH nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

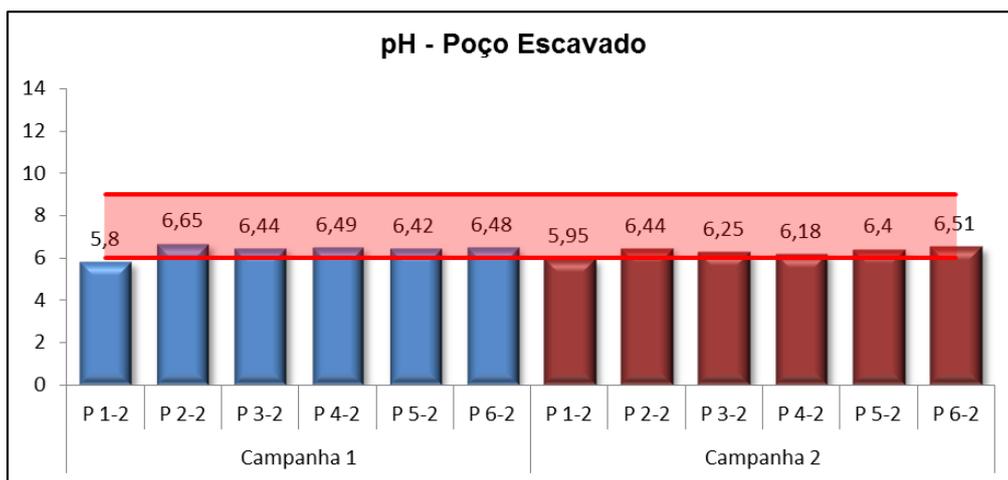


Gráfico 16: Valores de pH monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

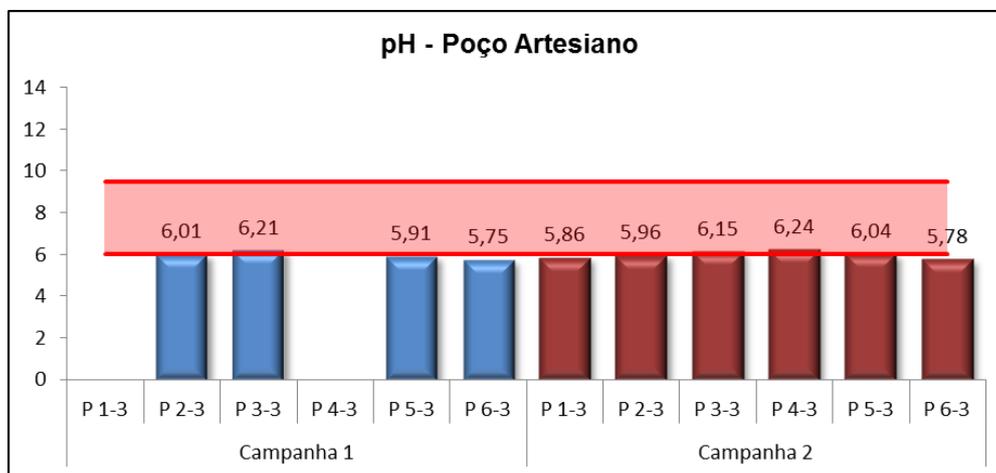


Gráfico 17: Valores de pH monitorados em poços artesanais da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

Para as águas subterrâneas, o pH teve variação na faixa de 6 (entre 5,75 a 6,24), sendo que a faixa de variação estabelecida pela Portaria nº 518 do Ministério da Saúde para consumo humano é de 6,0 à 9,5; portanto, em poucos pontos os valores de pH encontraram-se levemente ácidos, mas muito próximos da neutralidade, por isso não são considerados significativos para indicar desconformidade. Sendo assim, os valores de pH encontrados nas amostras estão em acordo com a legislação e, portanto, estão em conformidade para o uso para consumo humano (gráfico 17).

Já para as águas superficiais, tanto de córrego quanto de poço escavado, o pH varia entre 5,8 e 7,5, encontrando-se dentro dos valores atribuídos pela Resolução CONAMA nº 357/2005, que estabelece, para as águas doces de classe 1 e 2, valores entre 6 a 9. Nota-se que os valores encontrados abaixo de 6 estiveram muito próximos a esse limite, portanto, não são considerados significativos para desconformidade (gráficos 15 e 16).

Resultados semelhantes ao desse trabalho foram encontrados em estudos feitos por Donadio, Galbiatti e De Paula (2005) e Gonçalves et al. (2005), ao avaliarem a qualidade da água superficial de bacias hidrográficas essencialmente agrícolas.

### Condutividade

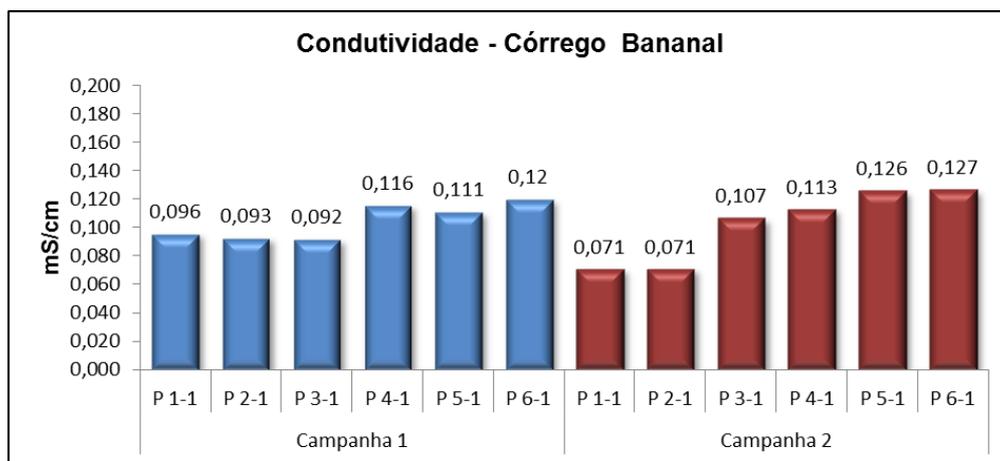


Gráfico 18: : Valores de Condutividade nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

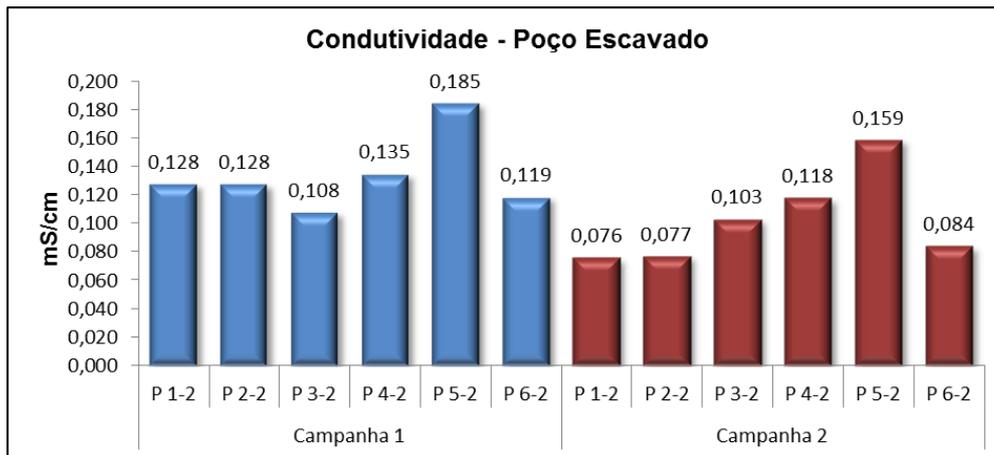


Gráfico 19: Valores de Condutividade monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

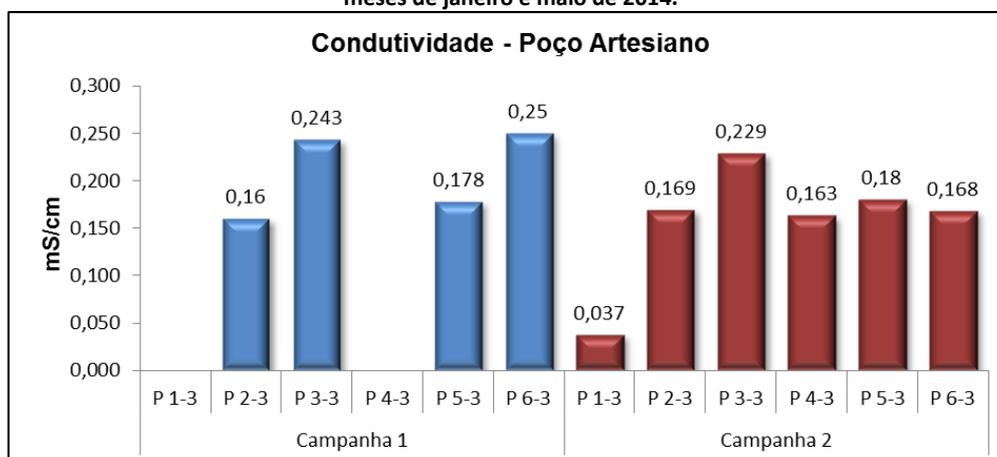


Gráfico 20: Valores de Condutividade monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

Nas águas superficiais de córregos analisadas, este parâmetro variou de 71 a 127  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Já nas águas superficiais de poço escavado, essa variação ficou entre 76 e 185  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . E nas águas subterrâneas foi verificada uma variação entre 37 e 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (gráficos 16, 17 e 18).

Não são feitas referências diretas a esse parâmetro nas legislações vigentes. No entanto, segundo Chapman e Kimstach (1998), a condutividade elétrica em águas doces varia de 10 a 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Em estudo realizado por Crepalli (2007), foram encontrados valores de Condutividade Elétrica na faixa de 10 à 70  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , em rio sob influência da atividade agrícola na região do Paraná. Esse pesquisador correlacionou o aumento da Condutividade Elétrica com o aumento da vazão do rio, no entanto, o mesmo padrão não foi observado para o presente trabalho.

O alto índice de Condutividade Elétrica encontrado nos pontos de monitoramento da bacia em estudo pode estar relacionado ao uso de fertilizantes agrícolas e também à criação de suínos que são observados na região, visto que, segundo Mosca (2003), a Condutividade Elétrica na água pode ser alterada pela entrada de fertilizantes e defensivos agrícolas que aumentam as concentrações iônicas nos corpos d'água. Além disso, de acordo com Tundisi (2011), o aporte de resíduos provenientes da criação de bovinos e suínos pode contribuir para esta alteração.

A Condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Em meses chuvosos, uma elevação nos valores de condutividade elétrica pode estar relacionada com a elevação do lençol freático, propiciando uma maior proximidade dos sumidouros e dos efluentes, ricos em sais dissolvidos.

### Coliformes Termotolerantes

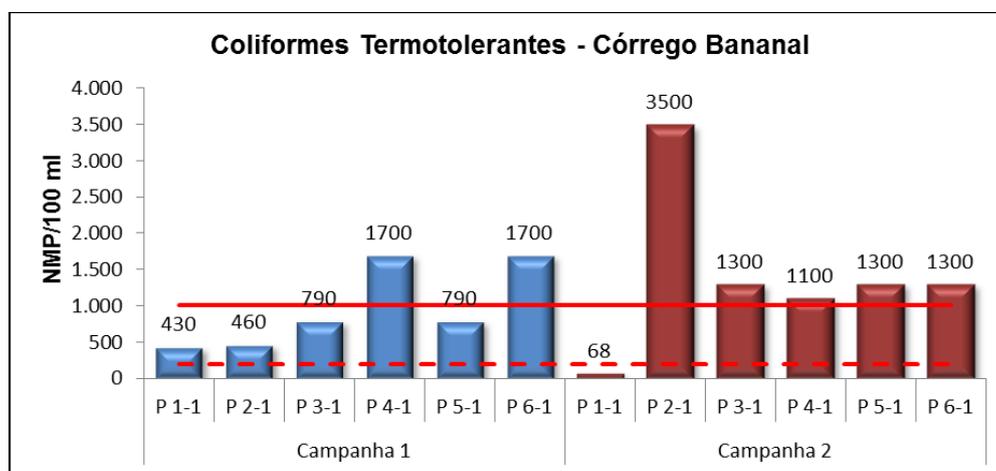


Gráfico 21: Valores de Coliformes Termotolerantes (NMP/100 ml) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

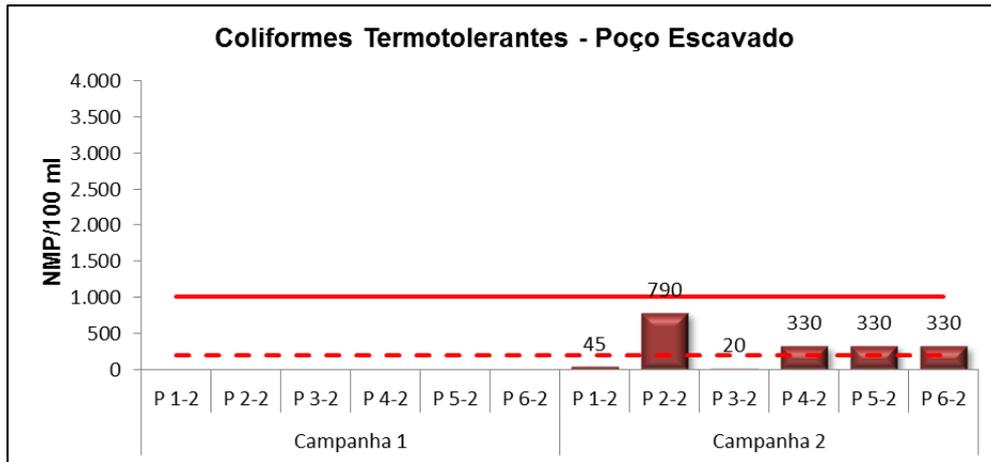


Gráfico 22: Valores de Coliformes Termotolerantes (NPM/100 ml) nos pontos monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

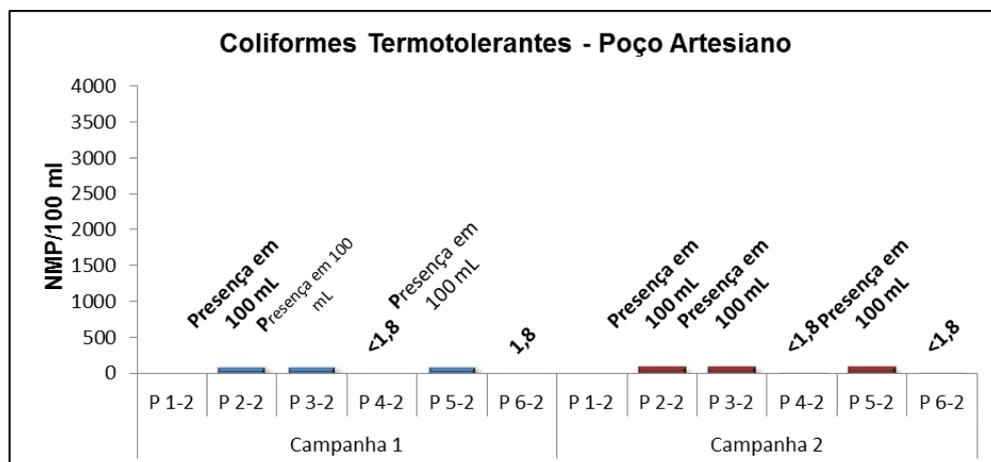


Gráfico 23: Valores de Coliformes Termotolerantes (NPM/100 ml) nos pontos monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

Com relação à água subterrânea analisada nas duas campanhas realizadas na microbacia do córrego Sossego, todos os pontos apresentaram contaminação por Coliformes Termotolerantes. Tal fato indica que as águas de todos os poços analisados estão, de certa forma, impróprias para o consumo humano, visto que, segundo a Portaria n.º 518/2004, água potável é aquela em que não há a presença de coliformes (totais e fecais) em uma amostra de 100 mL.

A Resolução n.º 396/2008 do CONAMA cita que para as águas subterrâneas se enquadrarem nas Classes 1, 2 e 3, devem apresentar ausência de coliformes termotolerantes em 100 mL e nas Classes 1 e 2 não pode haver quaisquer alterações da qualidade causadas pelas atividades antrópicas. Conclui-se, então, que além de serem impróprias para o consumo humano,

todas as amostras de água subterrânea da região enquadram-se em classe superior à Classe 3, fato esse que restringe seu uso para outros diversos usos que são feitos na localidade (gráfico 23). A presença de coliformes indica a possibilidade de contaminação por fezes e, conseqüentemente de microorganismos patogênicos existentes nas mesmas.

Já no que diz respeito a água superficial, tanto de córrego (P-1), como de poço escavado (P-2), todos os pontos apresentaram níveis de coliformes acima de 200 por 100 ml de amostra, o que torna inadequado os usos para a classe 1, segundo a Resolução Conama 357/2005 (gráficos 22 e 23). Os pontos P1-1, P2-1, na primeira campanha e os pontos P4-2, P5-1 e P5-2 e P2-2, na segunda campanha, deveriam apresentar, de acordo com os seus usos, valores dentro dos limites da classe 1; no entanto, apresentam valores dentro dos limites da classe 2. Já o ponto P2-1, na segunda campanha e o ponto, P 4-1 em ambas campanhas deveriam apresentar valores compatíveis com a classe 1, no entanto, apresentam valores dentro dos limites da classe 3.

Alguns pontos em que há usos da água com requisitos de qualidade classe 2 também mostraram-se incompatíveis, visto que, apresentaram níveis de coliformes acima de 1000/100 ml, ou seja, dentro dos limites da classe 3, são eles: os pontos P 3-1, na segunda campanha e P 6-1, em ambas campanhas.

As propriedades estudadas não possuem rede coletora de esgotos, fazendo uso de sumidouros como destino final para seus dejetos. 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.

## Nitrogênio Amoniacal

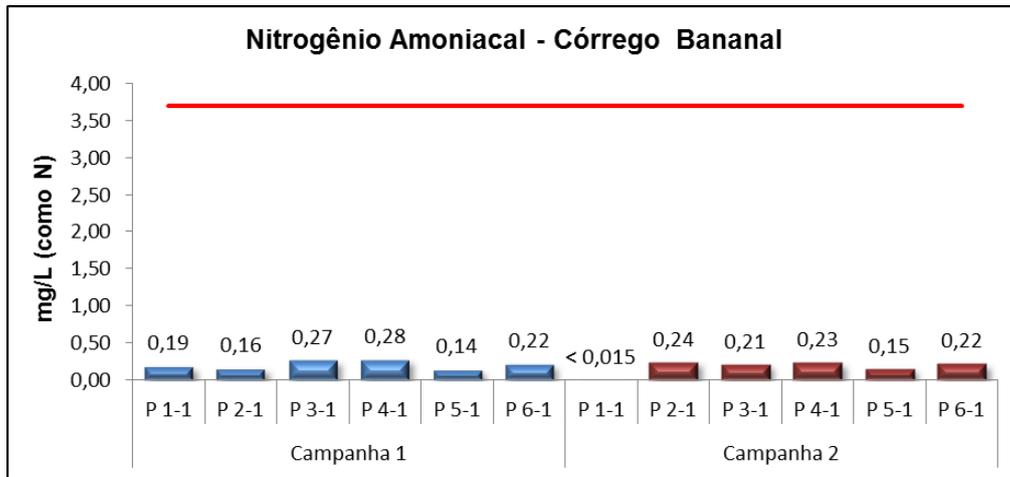


Gráfico 24: Valores de Nitrogênio Amoniacal (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

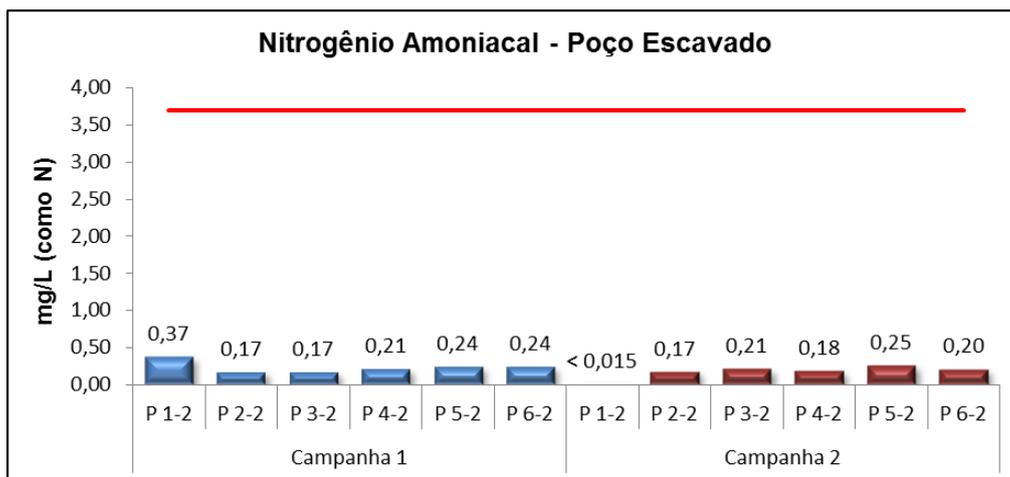


Gráfico 25: Valores de Nitrogênio Amoniacal (mg/l) nos pontos monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

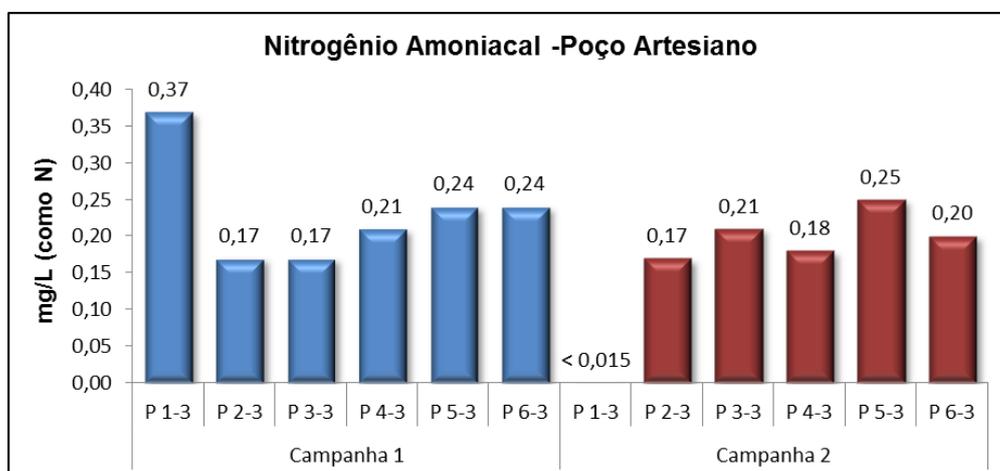


Gráfico 26: Valores de Nitrogênio Amoniacal (mg/l) nos pontos monitorados em poços artesianos da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

Ao analisar os valores de Nitrogênio Amoniacal, pode-se constatar que este não apresentou nenhuma desconformidade nos pontos estudados, visto que todos os valores encontrados estão abaixo de 3,5 mg/L, para  $\text{pH} \leq 7,5$ , que é o valor limite de pH que atende a todos os pontos considerados nesse trabalho. Os valores de Nitrogênio Amoniacal encontrados em toda a sub-bacia mantiveram-se sempre abaixo de 0,5 mg/L. Contaminação por despejos domésticos e que o nitrato é a forma mais comum de nitrogênio encontrada em águas naturais (VASCO *et. al*, 2011), fato que pode justificar a conformidade em todos os pontos, já que não é prática comum na localidade o despejo de efluentes domésticos diretamente nos corpos de água.

Segundo EMBRAPA (2004), a presença de amônia na água caracteriza a poluição recente por esgotos domésticos e, além disso, a quantidade natural de nitrato e amônia em águas superficiais é baixa ( $<1,00$  mg/L) devido à sua fácil adsorção por partículas do solo ou à oxidação a nitrito e nitrato, podendo estar presente naturalmente em águas superficiais ou subterrâneas.

### Fósforo Total

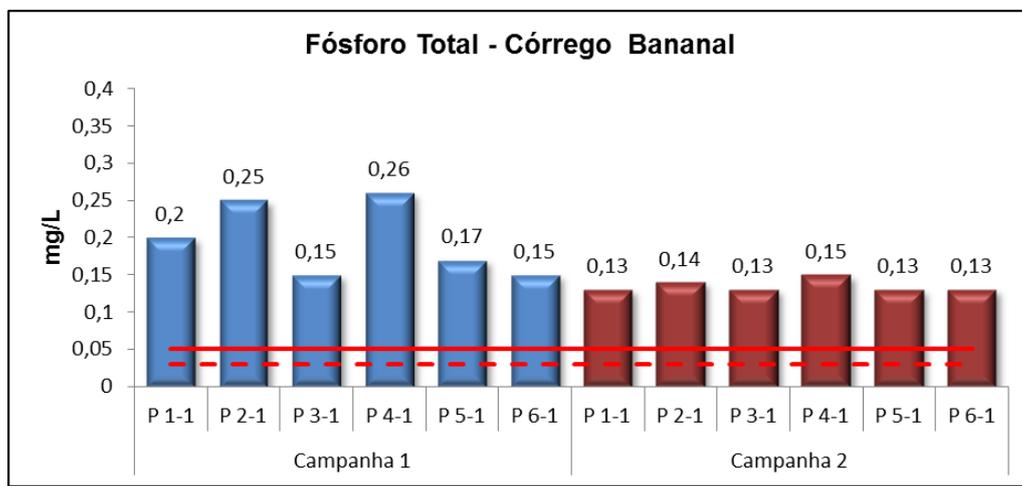


Gráfico 27: Valores de Fósforo Total (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

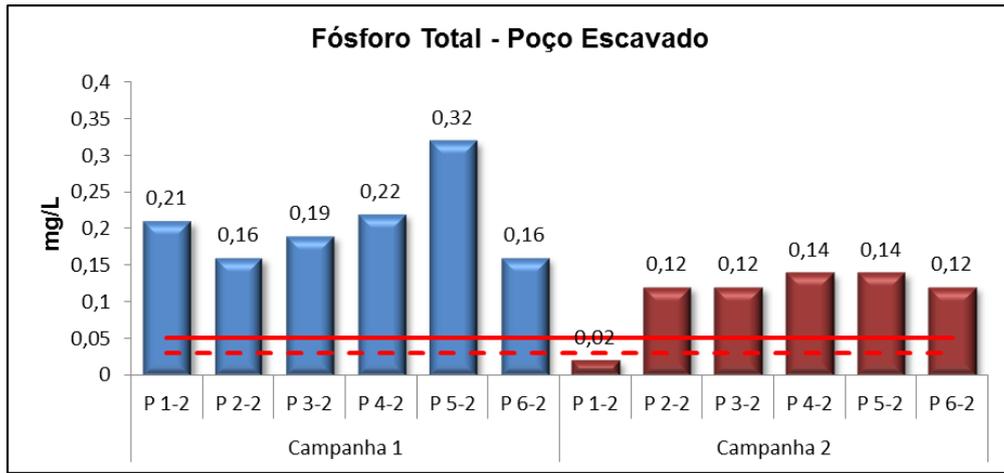


Gráfico 28: Valores de Fósforo Total (mg/l) nos pontos monitorados em poços escavados da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

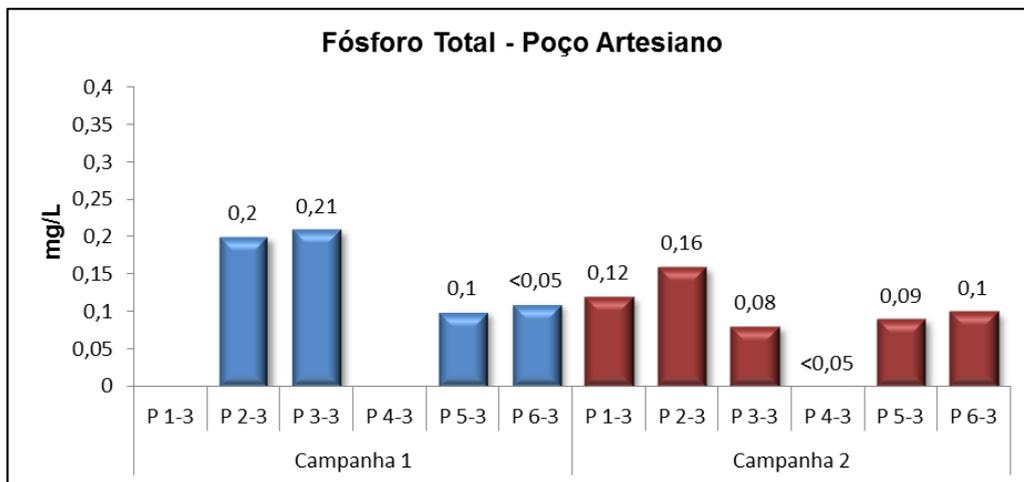


Gráfico 29: Valores de Fósforo Total (mg/l) nos pontos monitorados em poços artesanais da microbacia do córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

Os resultados apresentados na Tabela 5 e nos gráficos 27, 28 e 29, demonstram que o parâmetro fósforo total, apresenta-se em desconformidade, de acordo com os usos feitos da água, em todos os pontos avaliados na microbacia, tanto para água de córrego quanto para água de poço escavado. As altas concentrações de fósforo na água estão associadas à eutrofização da mesma, provocando o desenvolvimento de algas ou outras plantas aquáticas prejudiciais ao meio, principalmente em reservatórios ou águas paradas. Segundo Rebouças et al. (1999) valores de fósforo acima de 1mg/L, geralmente, são indicativos de degradação na região.

Em relação a este parâmetro, observa-se que os pontos de água de córrego P1-1, P2-1, P4-1 e P5-1, na campanha 2 (estiagem); e os pontos P 3-1 e P 6-1

em ambas campanhas (estiagem e chuva), apresentam valores entre 0,13 e 0,15 mg/L, ou seja, valores referentes à classe 3 (até 0,15 mg/L para ambientes lóticos), segundo a resolução CONAMA (gráfico 27). Já os pontos de água de córrego P1-1, P2-1, P4-1, P5-1, na campanha 1 apresentaram valores variando entre 0,17 e 0,26 mg/L, ou seja, valores que extrapolam o limite da classe 3 desta resolução, tendo, dessa forma, valores referentes à classe 4 de qualidade da água (gráfico 27). O mesmo ocorreu com os pontos de água de poço escavado P1-2 (campanha 1) e P2-2, P3-2, P4-2, P5-2 e P6-2, em ambas campanhas, visto que os valores encontrados ultrapassaram o limite de 0,05mg/L, estabelecido para ambientes lênticos, da classe 3 da referida resolução. O único ponto de água de poço escavado em conformidade observado foi o P1-2, na campanha 1, com valores dentro dos limites da classe 1 (gráfico 28).

Estes valores observados para o parâmetro em questão representam uma grande criticidade e fator limitante para os usos requeridos em cada ponto, uma vez que, para os usos feitos da água, os pontos P1, P2, P4 e P5 necessitam de classe 1 e os pontos P3 e P6 espera-se, no máximo, limites da classe 2.

Segundo Von Sperling (2005), altos valores de fósforo podem ser atribuídos a fontes naturais, tais como dissoluções de compostos do solo e decomposição da matéria orgânica, bem como a fontes antropogênicas, tais como, despejo de efluentes domésticos e industriais, uso de fertilizantes, detergentes, excrementos de animais, dentre outros. Nos pontos analisados da microbacia do córrego Bananal esse elevado valor encontrado pode ser atribuído principalmente à criação animal e deposição de seus dejetos próximos aos corpos d'água, bem como ao despejo de efluentes domésticos e sem tratamento em fossas ou no córrego, além da elevada influência da fertilização dos solos observada na localidade.

## DBO

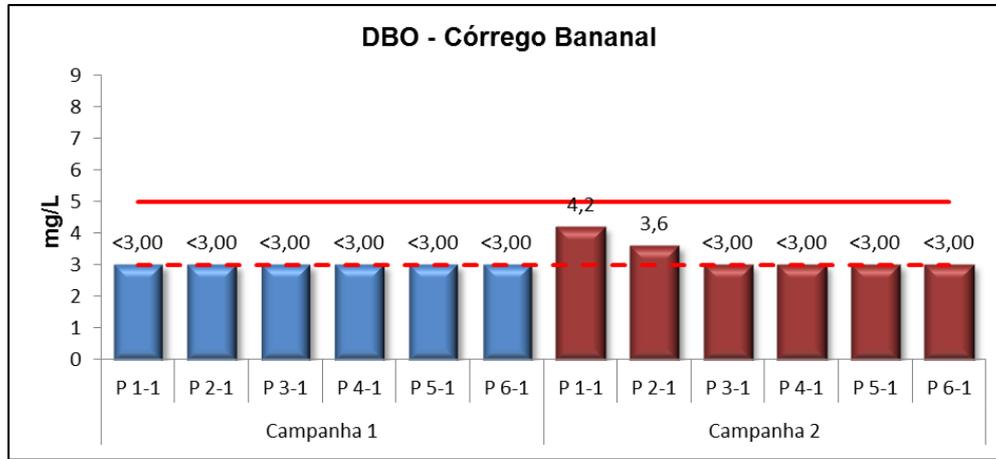


Gráfico 30: Valores de DBO (mg/l) nos pontos monitorados no córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

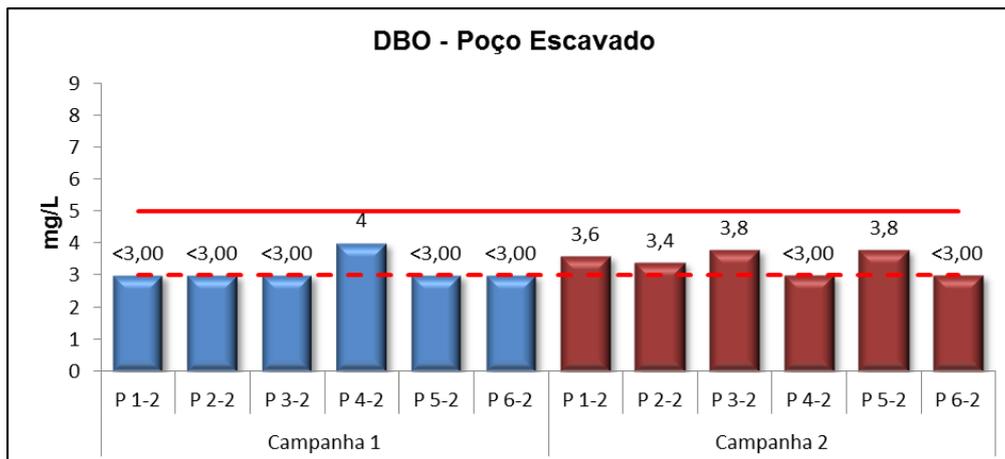


Gráfico 31: Valores de Fósforo DBO córrego Bananal nos meses de janeiro e maio de 2014.

Em relação à DBO, observa-se a não conformidade no ponto 4-2, na campanha de chuva, realizada em janeiro e nos pontos P 1-1, P 2-1, P 1-2, P 2-2 e P 5-2, na campanha de estiagem, realizada no mês de maio. Esses pontos, de acordo com os usos que são feitos das suas águas, deveriam ter qualidade classe 1 conforme a resolução CONAMA 357/05, ou seja, inferior a 3 mg/L. No entanto, apresentam valores variando na faixa de 3,40 mg/L e 4,20 mg/L, estando, portanto, dentro dos limites de qualidade da água da classe 2, que aceita valores até 5mg/l. Tal fato pode ser justificado devido a presença de animais nas proximidades dos corpos de água. Segundo Hermes e Silva (2004), sistemas aquáticos sujeitos a descargas de efluentes podem

apresentar valores superiores a 10 mg/L, e os que apresentam boas condições de qualidade têm valores de DBO até 2,0 mg/L.

### **5.3.2. Considerações finais sobre a análise da qualidade de água**

De acordo com os resultados dos 10 parâmetros de qualidade da água considerados no estudo e analisados, pode-se constatar que, 3 (três) encontraram-se em conformidade em todas as campanhas, tanto no córrego, quanto no poço escavado, sendo eles: nitrogênio, sólidos totais e pH; 3 (três) apresentaram-se em desconformidade em muitos pontos, em ambas as campanhas e tipos de corpos hídricos, sendo o fósforo o parâmetro de maior problema da microbacia, seguido dos parâmetros coliformes fecais e turbidez; 2 (dois) parâmetros apresentaram problemas em poucos pontos, sendo eles a DBO e o Oxigênio Dissolvido, tendo seus valores encontrados próximos aos limites estabelecidos pela resolução para os usos feitos da água; e 2 (dois), temperatura e condutividade, não apresentam valores limites estabelecidos pelas resoluções vigentes, porém apresentam-se, para a maioria dos pontos, valores dentro de faixas registradas em estudos disponíveis na literatura para regiões predominantemente agrícolas.

Pode-se dizer, portanto, que o parâmetro fósforo total, seguido dos parâmetros coliformes e turbidez, são aqueles que representam os maiores impactos na qualidade da água quando comparados com os padrões de qualidade estabelecidos na Resolução Conama 357/05, sendo, portanto, os parâmetros que, na região estudada, mais têm a possibilidade de afetar negativamente os usos feitos em cada ponto, desempenhando, assim, a função de importantes indicadores para a gestão dos recursos hídricos no local.

Após avaliação individual de cada parâmetro, em cada ponto estudado, pôde-se constatar que os usos mais restritivos dos pontos analisados encontram-se prejudicados, já que alguns parâmetros apresentam-se com valores bem acima dos limites das classes desejadas de acordo com esses usos. No ponto 1, por exemplo, o cultivo de tomate, por ser o mais restritivo de qualidade de água na região, encontra-se prejudicado, visto que, a qualidade da água requerida para esse ponto era classe 1, no entanto existem parâmetros com valores acima das

classes 2, 3 e até da classe 4, indicando que essa água não é apropriada para o uso citado. O ponto 2 apresenta comportamento semelhante ao ponto 1, visto que seu uso mais restritivo também é o cultivo de tomate e os valores encontrados se assemelham aos citados para o ponto 1.

Já no ponto 3, onde os usos mais restritivos são a aquicultura e as culturas de café, milho, inhame, feijão e cacau, as quais exigem qualidade mínima compatível com os limites da classe 2, também foram encontrados parâmetros com valores acima dos limites das classes 2, 3 e 4, caracterizando, assim, imprópria a utilização dessas águas para esses usos.

No ponto 4, tem-se o cultivo de hortaliças e folhas verdes como sendo o uso de maior exigência de qualidade das águas, sendo ela, compatível com os limites da classe 1. No entanto, não é o que se observa na localidade, visto que existem valores que extrapolam o limite dessas classes.

O ponto 5 e 6, apresentam, respectivamente, o cultivo de pimentão e café/banana como sendo os usos de maiores exigências. Pode-se dizer, após análise dos resultados, que não foi atendida a qualidade ideal para nenhum dos usos, já que, no ponto 5 exigia-se classe 1 e muitos parâmetros encontram-se desconformes com os valores das mesmas, bem como no ponto 6, que exigia classe 2, também foi encontrado valores acima dos limites estabelecidos.

A situação descrita acima referente aos usos preponderantes mais restritivos de cada ponto, bem como os principais parâmetros que estão afetando à qualidade de suas águas, foi ilustrada na figura 21. Já a situação atual das águas superficiais foi ilustrada nas figuras 22 e 23 que retrata esquematicamente, para a campanha 1 e para a campanha 2, respectivamente, as classes requeridas para cada ponto, bem como os parâmetros que estão em desconformidade e as possíveis classes atuais que esses pontos teriam, de acordo com os resultados encontrados, analisados e descritos.

Com relação às águas subterrâneas (pontos 2, 3, 5 e 6) e de nascentes (pontos 1 e 4), foi constatado que as mesmas são utilizadas para o consumo humano em todos os pontos estudados. Além disso, nos pontos 2 e 6 a água subterrânea é utilizada também para recreação de contato primário. Portanto, devido aos usos que se fazem dessas águas, pode-se observar que elas encontram-se em desconformidade com o que preconiza as legislações em todos os pontos da microbacia, pois os níveis de exigência para esses usos são altos e não foram atendidos. Além disso, não é feito tratamento adequado dessas águas para fins de consumo e recreação, o que agrava ainda mais a situação.

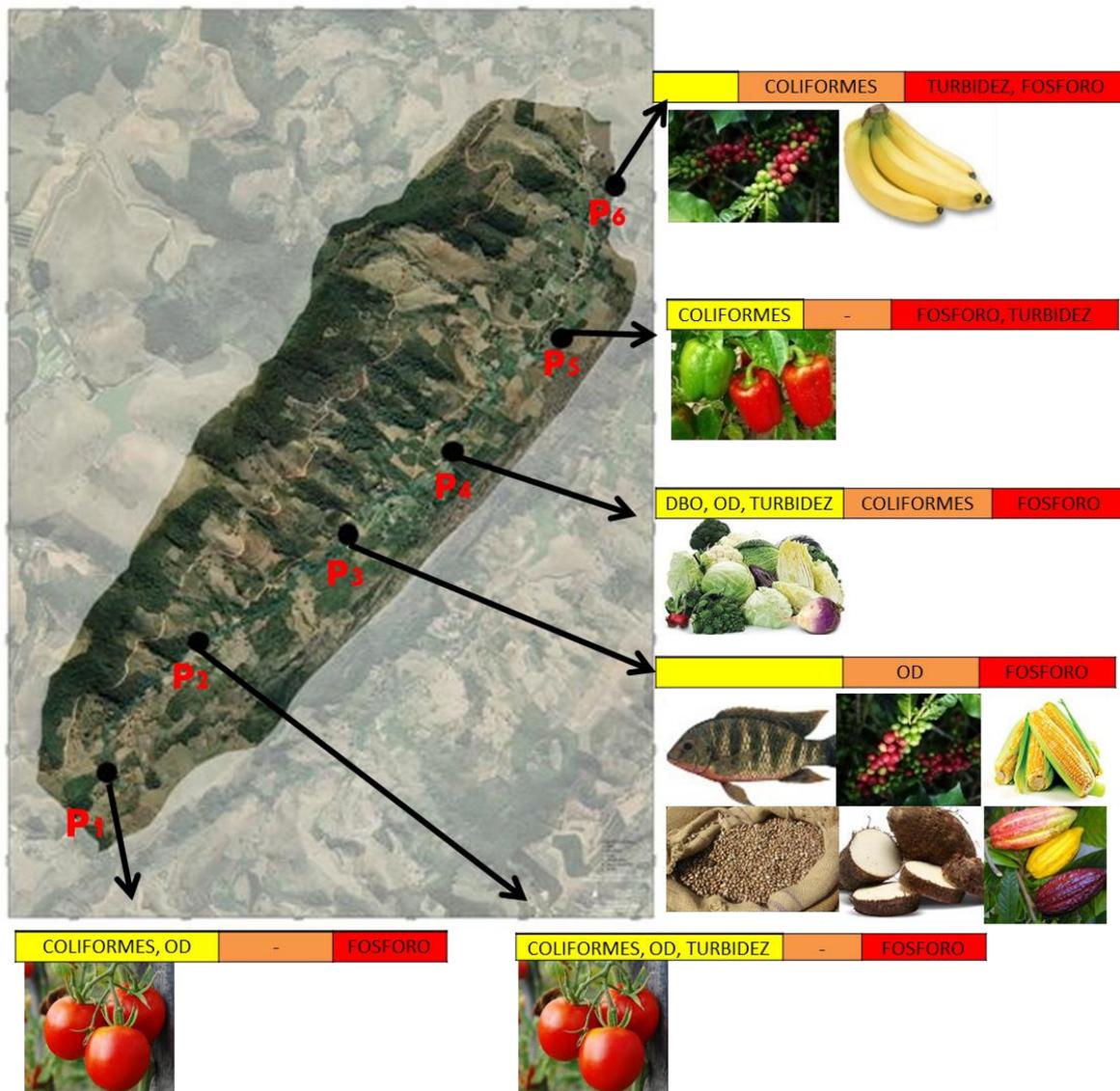
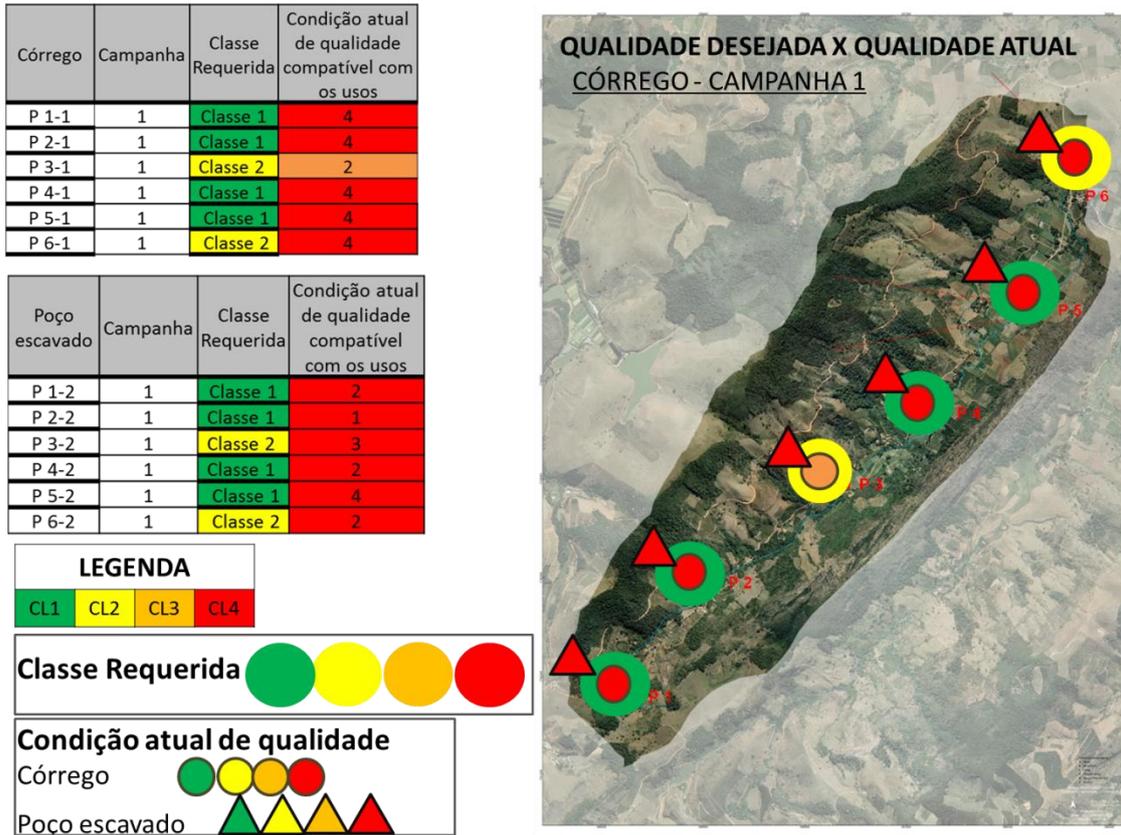


Figura 21: Mapa Ilustrativo de Usos Mais Restritivos x Parâmetros em desconformidade.



CAMPANHA 1	Usos Preponderantes	Classes Requeridas	Parâmetros em desconformidade		
Ponto 1	Criação animal, tomate, café, banana	Classe 1	COLIFORMES, OD	-	FOSFORO
Ponto 2	Café, inhame, mamão, Criação animal e tomate, Recreação de contato 1ª	Classe 1	COLIFORMES, OD, TURBIDEZ	-	FOSFORO
Ponto 3	Café, milho, inhame, feijão e cacau, criação de animais	Classe 2		OD	FOSFORO
Ponto 4	Café, inhame e milho, hortaliças e folhas vedes	Classe 1	DBO, OD, TURBIDEZ	COLIFORMES	FOSFORO
Ponto 5	Café, banana, milho, pimentão e coco	Classe 1	COLIFORMES	-	FOSFORO, TURBIDEZ
Ponto 6	Café e banana	Classe 2		COLIFORMES	TURBIDEZ, FOSFORO

**Legenda**

CL1 CL2 CL3 CL4

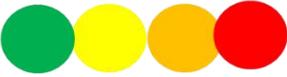
Figura 22: Qualidade desejada x Qualidade Atual Córrego - Campanha 1 – período chuvoso.

Córrego	Campanha	Classe Requerida	Condição atual de qualidade compatível com os usos
P 1-1	2	Classe 1	4
P 2-1	2	Classe 1	4
P 3-1	2	Classe 2	4
P 4-1	2	Classe 1	4
P 5-1	2	Classe 1	4
P 6-1	2	Classe 2	3

Poço escavado	Campanha	Classe Requerida	Condição atual de qualidade compatível com os usos
P 1-2	2	Classe 1	2
P 2-2	2	Classe 1	4
P 3-2	2	Classe 2	4
P 4-2	2	Classe 1	4
P 5-2	2	Classe 1	4
P 6-2	2	Classe 2	4

**LEGENDA**

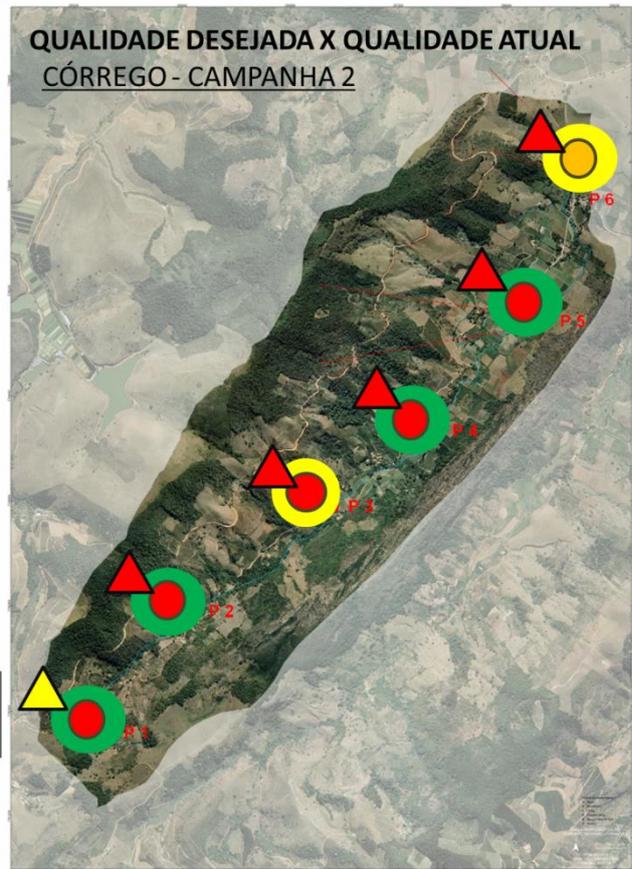
CL1 CL2 CL3 CL4

**Classe Requerida** 

**Condição atual de qualidade**

Córrego 

Poço escavado 



CAMPANHA 2	Usos Preponderantes	Classes Requeridas	Parâmetros em desconformidade		
Ponto 1	Criação animal, tomate, café, banana		DBO, OD	FOSFORO	TURBIDEZ
Ponto 2	Café, inhame, mamão, Criação animal e tomate, Recreação de contato 1º.		DBO	COLIFORMES	FOSFORO, TURBIDEZ
Ponto 3	Café, milho, inhame, feijão e cacau, criação de animais		-	COLIFORMES	FOSFORO, TURBIDEZ
Ponto 4	Café, inhame e milho, hortaliças e folhas vedes		OD	COLIFORMES	FOSFORO, TURBIDEZ
Ponto 5	Café, banana, milho, pimentão e coco		DBO	COLIFORMES	FOSFORO, TURBIDEZ
Ponto 6	Café e banana		-	COLIFORMES	FOSFORO, TURBIDEZ

**Legenda**

CL1 CL2 CL3 CL4

Figura 23: Qualidade desejada x Qualidade Atual Córrego - Campanha 2 – período seco.

Os resultados encontrados para qualidade de água nesse trabalho corroboram com aqueles obtidos por LABGEST (2011 c).

Nas campanhas realizadas pelo estudo referido acima, a quase totalidade dos pontos monitorados na bacia do córrego Sossego apresentou valores de

Oxigênio Dissolvido, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Coliformes Fecais e Fosfato Total fora dos limites preconizados para águas doce Classe 2, sendo, portanto, os resultados condizentes com o presente estudo.

### **5.5. Influência da qualidade das águas no déficit hídrico da microbacia**

Após análise dos resultados do presente trabalho e posterior comparação com dados obtidos de trabalhos anteriores realizados na região, pode-se concluir que a qualidade da água encontra-se, na quase totalidade dos pontos, deteriorada e imprópria para consumo humano, irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película, de plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto, além de recreação de contato primário, aquicultura e atividades de pesca.

A qualidade da água verificada na microbacia foi considerada, segundo a Resolução CONAMA 357/2005, própria para os usos previstos para as classes 3 e 4 das águas doces; portanto, dos usos que são feitos na região, muitos se encontram prejudicados, sendo possíveis, caso não sejam tomadas medidas para a melhoria da qualidade da água, apenas os usos referentes ao: abastecimento para consumo humano, caso haja tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário; e à dessedentação de animais, além de harmonia paisagística.

Soma-se a esse problema o fato de haver déficit hídrico na região, sendo a disponibilidade de água menor do que a sua necessidade. Portanto, afirma-se que a deterioração da qualidade das águas apresenta grande impacto na região estudada, visto que além de os usuários da região disporem de água em pouca quantidade, ela ainda apresenta-se imprópria para muitos dos usos feitos região, sendo necessárias medidas urgentes para reverter esse problema.

## 6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1. CONCLUSÕES

#### 6.1.1 Objetivo específico 1: Identificar os usos preponderantes na área de estudo.

- Os principais usos observados na região de estudo foram: consumo humano; irrigação, sendo as culturas mais produzidas as de banana, café, inhame, tomate, milho, hortaliças e folhas verdes variadas; criação animal, sendo os principais animais criados na região bois, porcos, patos, peixes e galinhas; recreação de contato primário e dessedentação animal.
- Foi constatado, após identificação dos usos preponderantes feitos em cada ponto, que os mesmos necessitam de qualidade da água variando entre classe 1 e classe 2, conforme a Resolução CONAMA 357/2005.
- As características físicas da região, tais como a elevada declividade, a presença de solos do tipo Argissolo Vermelho e o Argissolo Vermelho Amarelo, a ausência ou redução da vegetação ciliar, o elevado aporte de sedimentos aos corpos de água, bem como a falta de tratamento de esgotos e efluentes domésticos, o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes, os dejetos da criação de animais e a instalação de fossas e sumidouros próximas às fontes de água, contribuem para a degradação da qualidade da água na região.

#### 6.1.2 Objetivo específico 2: Analisar a influência da qualidade das águas nos usos e dos usos na qualidade

- O escoamento de água observado no córrego Bananal mostrou-se escasso, principalmente no período de estiagem, visto que diversos pontos apresentaram-se com vazões muito pequenas, confirmando a baixa disponibilidade de água esperada na região, conforme relatado em estudos anteriores.

- Pode-se constatar que as baixas vazões que foram observadas na região são indicativas das baixas capacidades de diluição e autodepuração dos cursos de água, fato que intensifica a problemática da qualidade das águas e apresenta a necessidade de ações sanitárias urgentes.
- Em relação ao diagnóstico da qualidade da água, concluiu-se que, dos 10 parâmetros considerados no estudo e analisados:
  - 3 (três) encontraram-se em conformidade com as legislações vigentes em todas as campanhas, para as águas superficiais, sendo eles: Nitrogênio, Sólidos Totais e pH;
  - 3 (três) apresentaram-se em desconformidade em muitos pontos, em ambas as campanhas e tipos de corpos hídricos, sendo o fósforo o parâmetro mais crítico da microbacia, seguido dos parâmetros coliformes fecais e turbidez;
  - 2 (dois) parâmetros apresentaram problemas em poucos pontos, sendo eles a DBO e o Oxigênio Dissolvido, tendo seus valores encontrados próximos aos limites estabelecidos pela resolução para os usos feitos da água;
  - e 2 (dois), Temperatura e Condutividade, não apresentam valores limites estabelecidos pelas resoluções vigentes, porém apresentam-se, para a maioria dos pontos, dentro de faixas registradas em estudos disponíveis na literatura.
- O parâmetro Turbidez apresentou-se crítico ao longo de toda a microbacia, visto que se encontrou acima dos limites requeridos para os usos em 13 dos 24 pontos analisados para águas superficiais (córrego e poço escavado). Estes valores constatados nas águas superficiais podem ser resultantes do escoamento superficial existente na microbacia, o qual é intensificado devido à presença de grandes áreas de pastagem e ausência/ redução da vegetação ciliar em grande parte da bacia.
- Com relação à água subterrânea, todos os pontos apresentaram contaminação por Coliformes Termotolerantes, indicando que as águas dos poços artesianos avaliados estão impróprias para o consumo humano. A possível causa deste problema deve-se ao fato das propriedades não possuírem rede coletora de esgotos, fazendo uso de

sumidouros como destino final para seus dejetos, os quais estão localizados próximos aos poços artesanais.

- A criticidade observada para o Fósforo pode ser atribuída principalmente à criação animal e a deposição de seus dejetos próximos aos corpos d'água, bem como ao despejo de efluentes domésticos e sem tratamento em fossas ou no córrego.
- Os usos mais restritivos de todos os pontos avaliados encontraram-se prejudicados, sendo eles, cultivo de tomate, nos pontos 1 e 2, criação de peixes e cultivo de café, milho, inhame, feijão e cacau no ponto 3, cultivo de hortaliças e folhas verdes, no ponto 4 e cultivo de pimentão, café e banana no ponto 5 e 6.
- O uso da água para consumo humano encontra-se inapropriado em todos os pontos avaliados.

#### **6.1.3 Objetivo específico 3: Verificar a influência da qualidade das águas no déficit hídrico da microbacia.**

- A qualidade da água encontra-se deteriorada e imprópria para consumo humano, irrigação de diversas culturas, recreação de contato primário e criação de peixes na quase totalidade dos pontos, sendo adequada apenas aos usos previstos na classe 3 e 4 da Resolução CONAMA 357/05.
- A deterioração da qualidade das águas apresenta grande impacto na região estudada, visto que além de os usuários da região disporem de água em pouca quantidade e sofrerem uma situação de déficit hídrico quantitativo, ou seja, a disponibilidade de água para os diversos usos é menor do que a sua necessidade, soma-se a isso o fato de essa água apresentar-se imprópria para muitos dos usos feitos na região, o que agrava ainda mais a disponibilidade hídrica e gera um déficit hídrico quali-quantitativo.

## 6.2. RECOMENDAÇÕES

Após a realização deste estudo prospectivo sobre a qualidade de água superficial e subterrânea da microbacia do córrego Bananal, bem como sua influência no déficit hídrico da região, surgiram-se possibilidades para a elaboração de trabalhos futuros:

- Que reproduzam esse estudo em outras regiões, visando verificar a representatividade dos resultados obtidos nessa pesquisa.
- Que aprofundem a avaliação da contribuição de cada uso para o agravamento dos problemas de desconformidades da qualidade da água.
- Que avaliem quantitativamente a influência da qualidade da água no déficit hídrico por cultura.
- Que avaliem as razões da utilização da água em situações de desconformidade com as legislações.
- Que sejam feitas revisões nas resoluções abordadas neste estudo, a fim de que sejam considerados valores limites para diversos parâmetros que atualmente não são contemplados.

## 7. REFERÊNCIAS

Agenda 21 - Capítulo 18. Recursos Hídricos – Proteção, Qualidade, Abastecimento, Manejo e Desenvolvimento Sustentável. CPRM. A Água em Revista: Suplemento das Águas. (1996). Maio, 1996. 40 p.

ALLAN, J. David. Stream Ecology: structure and function of running waters. Kluwer Academic Publishers, 1995.

AMARAL, A. B.. Avaliação de mananciais subterrâneos e superficiais da bacia do córrego Sossego considerando uso para abastecimento doméstico e irrigação-contaminação por agrotóxico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (Dissertação). Universidade Federal do Espírito Santo. 2011.

AMARO, C. A.. Proposta de um índice para avaliação de conformidade da qualidade dos corpos hídricos ao enquadramento. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária (Dissertação). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2009.

APHA, AWWA. WEF (American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Environment Federation). 2005. Standard methods for the examination of water and wastewater, v. 21.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (Brasil). Implementação do enquadramento em bacias hidrográficas no Brasil; Sistema nacional de informações sobre recursos hídricos – SNIRH no Brasil: arquitetura computacional e sistêmica. Caderno de Recursos Hídricos; 6. 145 p.: Il. Brasília - DF. 2009. Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2009.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil) Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil: 2012. 264 p.; il. Agência Nacional de Águas - Brasília: ANA, 2012.

ANA/HIDROWEB. Acesso de registros de banco de dados fluviométrico. Disponível em: [www.ana.gov.br](http://www.ana.gov.br). Acesso em: outubro de 2014.

ARFI, R. The effects of climate and hydrology on the trophic status of Sélingué Reservoir, Mali, West Africa. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*. V.8: p.247–257, 2003.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MEIRELLES, M. L.; MOREIRA, L. Estruturação de dados geoambientais no contexto de microbacia hidrográfica. In: ASSAD, E. D.; SANO, E. E. *Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura*. 2. ed. Planaltina: EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1998. p. 119-37.

BERNARDO, S. *Manual de Irrigação*. 7. ed. Viçosa: Imprensa Universitária, UFV, 2005. 611p.

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

BRASIL. 1997. Lei Federal n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Versão publicada pela ABRH - Comissão de Gestão. São Paulo, 31 de janeiro de 1997.

BRITES, A. P. Z. *Enquadramento dos corpos de água através de metas progressivas: probabilidade de ocorrência e custos de despoluição hídrica*. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária (Tese). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2010.

BUCENE, L.C. *Sistema de informação geográfica na classificação de terras para irrigação, em Pardinho-SP*. 2002. 177 f. Faculdade de Ciências Agrônomicas (Dissertação). Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

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

CASTRO, C. B.; PEREIRA, C. B.; TEIXEIRA, E. C.; MENDONÇA, A. S. F.; AHNERT, F.; RIBEIRO, C. B. M.; SILVA, J. G. F.; SILVA, W. M.; BRITO, R. A. C; GIACOMIN, R. W. Metodologia aplicada à escolha de bacias-piloto para estudo sobre gestão de recursos hídricos. VI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, Maceió – AL. Dezembro de 2002.

CAVALLARI, R. L., TAMAE, R. Y., & ROSA, A. J. (2007). A importância de um Sistema de Informações Geográficas no Estudo de Microbacias Hidrográficas. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, 6(11).

CETESB; ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão et al. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: Chapman, D. *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. 28 ed., Cambridge: UNESCO/WHO/UNEP. 1998. p. 59-126

CNRH – CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS (Brasil). Resolução n 91, de 05 de novembro de 2008. *Diário Oficial da União*, 06 fev. 2009.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília, n 053, 18 mar. 2005. p. 58-63.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n 396, de 3 de abril de 2008. *Diário Oficial da União*, Brasília, 7 abril de 2008, Seção 1, páginas 64-68.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução Nº 430 de 13 de maio de 2011. Diário Oficial da União, Brasília, de 16 de maio de 2011, pág. 89.

COSTA, F. M.; BACELLAR, L. A. P.; SILVA, E. F. Vertedores portáteis em microbacias de drenagem. Rem: Revista Escola de Minas, v. 60, n. 2, p. 213-218, 2007.

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

CRUZ, J. C. Disponibilidade hídrica para outorga: Avaliação de aspectos técnicos e conceituais. 2001. 199 p. Programa de pós graduação em recursos hídricos e saneamento ambiental (Tese). Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre, 2001.

CUNHA, G. de P.Q. Caracterização ambiental da região de montante do rio Mogi-Guaçu (Bom Repouso - MG): estratégias para replicabilidade e diretrizes para elaboração do plano de adequação ambiental. 2009. Escola de Engenharia de São Carlos (Tese), Universidade de São Paulo, 2009.

DONADIO, N. M. M.; GALBIATTI, J. A.; PAULA, RC de. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. Engenharia Agrícola, v. 25, n. 1, p. 115-125, 2005.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Avaliação da qualidade das águas: manual prático. Brasília, DF: Embrapa. Informação Tecnológica, 2004. 55 p.

ENOKIDA, C. H.; MAGALHÃES, V. L. O monitoramento e o gerenciamento de bacias hidrográficas. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 13., Anais, Viçosa, 2009.

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

FEST/GEARH. Estudo de disponibilidade hídrica x demanda e definição de áreas críticas quanto aos recursos hídricos para a bacia-piloto do Córrego Sossego”, CTHIDRO, Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 2003.

FREIRE, R. H. F. Aspectos limnológicos de três reservatórios que abastecem a Região Metropolitana de Fortaleza – açudes Pacajus, Pacoti e Gavião. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental (Dissertação). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2000.

FCTH – FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE HIDRÁULICA. Medidores de vazão para pequenos cursos d’água. Rio de Janeiro: PRONI, 1990. 88p

GARCIA, A.B.; OLIVEIRA, E.C.A.; SILVA, G.P.; COSTA, P.P.; OLIVEIRA, L.A. Disponibilidade hídrica e volume de água outorgado na micro-bacia do Ribeirão Abóbora, município de Rio Verde, estado de Goiás. Caminhos de Geografia, Uberlândia, v. 8, n. 22, set/2007, p. 97 – 106, 2007.

GASTALDINI, M. C.; MENDONÇA, A. S. Conceitos para a avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, João Batista Dias de; PAIVA, Eloiza Maria Cauduro Dias de. (Orgs.) Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre. Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2001.

GIRARDI, G.; QUARENTEI, L. M. Mapa de conflito de uso da água como instrumento de apoio da gestão de recursos hídricos: estudo metodológico aplicado à Bacia Hidrográfica do Córrego do Sossego – Itarana/ES. Fundação Espiritosantense de Ciência e Tecnologia - FAPES. 2008.

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.

GEARH – GRUPO DE ESTUDOS E AÇÕES EM RECURSOS HÍDRICOS. 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. v. 1. 2003.

HERMES, C.H.; SILVA, A.S. (2004). “A avaliação da qualidade das águas: manual prático”. Informação tecnológica Brasília - DF, 55p.

IBIAPINA, A. V., et al. Evolução da hidrometria no Brasil. 2007. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/srh/acervo/publica/doc/oestado/texto/121-138.html> Acesso em janeiro, 2013.

INCAPER. Dados comparativos com a média da série histórica da estação meteorológica no município de Itarana – ES. Vitória: INCAPER, 2014. Disponível em: [www.incaper.es.gov.br](http://www.incaper.es.gov.br). Acesso em: outubro de 2014.

JACINTHO, L. R. C. Geoprocessamento e sensoriamento remoto como ferramentas na gestão ambiental de unidades de conservação: o caso da área de proteção ambiental (APA) do Capivari-monos. Dissertação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

LABGEST – LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL (Departamento de Engenharia Ambiental/Centro Tecnológico/Universidade Federal do Espírito Santo - DEA/CT/UFES). Estudo da influência do manejo da irrigação na produtividade de café, banana e inhame na bacia experimental do Córrego Sossego – ES. Edital MCT/CNPq 15/2007 - Universal. Relatório final de pesquisa. 2010a.

LABGEST – LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Racionalização do uso da água na agricultura irrigada de café, inhame e banana na bacia hidrográfica piloto do córrego do Sossego – bacia do rio Doce / Itarana – ES. Fundação Espiritosantense de Ciência e Tecnologia - FAPES. 2010b.

LABGEST – LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Racionalização do uso da água na agricultura irrigada no Brasil e em Moçambique considerando aspectos tecnológicos, sociais, econômicos, ambientais e culturais. Edital MCT/CNPq nº 006/2007. 2010c.

LABGEST – LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Estudo da relação entre produtividade agrícola e volume de água aplicada na irrigação na bacia experimental do Córrego Sossego – ES. Fundação Espiritosantense de Ciência e Tecnologia - FAPES. Relatório final de pesquisa. 2010d.

LABGEST – LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Desenvolvimento de Procedimento Metodológico para Enquadramento de Cursos D'água de Pequenas Bacias Hidrográficas Rurais do Estado do Espírito Santo. Fundação Espiritosantense de Ciência e Tecnologia - FAPES. Edital Universal 012/2011. Projeto de pesquisa submetido. Universidade Federal do Espírito Santo. 2011a.

LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL– LABGEST. Enquadramento de Corpos de Água e Outorga: Suporte Científico e Tecnológico para o Desenvolvimento do SIADES/NIADES-CPID e definição de procedimentos metodológicos. Fundação Espiritosantense de Ciência e Tecnologia - FAPES. Relatório final de pesquisa. Universidade Federal do Espírito Santo. 2011b.

LABGEST – LABORATÓRIO DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E DESENVOLVIMENTO REGIONAL. Estudo Integrado de Conservação de Águas e Solo, Saneamento Ambiental e Conservação Florestal em Microbacia Experimental na Bacia do Rio Doce. Edital MCT/CNPq/CT AGRONEGÓCIO/CTHIDRO - Nº 27/2008. Relatório final de pesquisa. Universidade Federal do Espírito Santo. 2011c.

LANNA, A. E. Gestão dos recursos hídricos. In: TUCCI C. E. M. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1993. p. 727-768.

LANNA, A.E. Gerenciamento de bacia hidrográfica: Aspectos conceituais e metodológicos. Brasília. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos recursos Naturais Renováveis, 1995.

LANNA, Antonio Eduardo. A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 113-130, 2008.

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.

LOPES, M. E. P. de A. Avaliação de racionalidades do uso da água na agricultura: desenvolvimento de modelos conceituais e de procedimento metodológico em apoio à co/auto gestão de microbacias. Programa de pós Graduação em Engenharia Ambiental (Tese). Universidade Federal do Espírito Santo. 2011.

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. Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas. 2.ed. Belo Horizonte: Conselho Regional de Química, 2003. 450p.

MARTINS, L. D. (org.). Atualidades em desenvolvimento sustentável. Manhuaçu: FACIG, 2012.

MARTINS, E. S. P. R.; PAIVA, J. B. D. Quantidade de Recursos Hídricos. In: PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.) Hidrologia Aplicada à Gestão de

Pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos - ABRH, 2001.

MATOS, A. T. Qualidade do solo e da água. Viçosa: AEAMG/DEA/UFV, 102p, 2007.

MEDEIROS, Y.D.P. (Org.). Projeto Proposta metodológica para Enquadramento de Corpos de Água em Bacias de Regiões Semi-Áridas. PROENQUA – Financiamento. CTHIDRO GRH 01/2004. Relatório Final, Salvador, 2007.

MENDES, L. A. Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência. 2007. 187 f. Dissertação. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MUÑOZ, H.R. (ORG.). Interfaces da gestão de recursos hídricos: desafios da Lei de Águas de 1997. 2ª ed. Brasília: MMA/ Secretaria de Recursos Hídricos, 2000.

MONTGOMERY, R. D. *et al.* Watershed analysis as a framework for implementing ecosystem management. *Water Resources Bulletin*. v. 31, n. 3, p. 369 – 386. 1995

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. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba-SP, 2003.

OLIVEIRA, C.N.; CAMPOS, V.P.; MEDEIROS, Y.D.P. Avaliação E Identificação De Parâmetros Importantes para a Qualidade de Corpos D'água no Semiárido Baiano. Estudo De Caso: Bacia Hidrográfica Do Rio Salitre. *Química Nova*, Vol. 33, No. 5, 1059-1066, 2010.

OLIVEIRA, H.; SANO, E. E. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação da ocupação dos solos da bacia do Alto Taquari, MS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24., 1993, Goiânia: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1993. p. 363-4.

PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (Orgs.) Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH. 2001.

PASSERAT DE SILANS, A.M.B., ALMEIDA, C. das N., ALBUQUERQUE, D.J.S., PAIVA, A.E.D.B. Aplicação do modelo hidrológico distribuído AÇUMOD à bacia hidrográfica do rio do Peixe-Estado da Paraíba. Rev. Bras. Rec. Hídricos, v.5, n.3, p.5-19, 2000.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. Comunicado técnico: recursos hídricos, agricultura e meio ambiente. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 465-473. 2000.

PERCEBON, C. M. et al. Diagnóstico da temperatura das águas dos principais rios de Blumenau, SC. Boletim Paranaense de Geociências, n. 56, p. 7-19, 2005. Editora UFPR.

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. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (Dissertação), Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória-ES, 2010.

PORTO, M. F. A. Sistemas de gestão da qualidade das águas: uma proposta para o caso brasileiro. 2002. 131 p. Escola Politécnica (Tese), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

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. Editora da USP. 441p. 1991.

QUARENTEI, L. M. Elementos para a discussão do conflito de uso e gestão de água na bacia hidrográfica do córrego do sossego, Itarana/ES. Universidade Federal do Espírito Santo. 2008.

REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B. & TUNDISI, J.G. Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação. São Paulo, Acad. Bras. Cien./IEA-USP, 1999. 717 p.

REBOUÇAS, A. Uso inteligente da água. São Paulo: Escrituras Editora, 2004. p. 207

RIBEIRO, M. C. L. B. Conservação da Integridade biótica das comunidades de peixes do Ribeirão Gama: Área de Proteção Ambiental (APA) Gama/Cabeça de Veado. Brasília, DF. Tese. Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, São Paulo, 1994.

RODRIGUÊS, F. M.; PISSARRA, T. C. T. Monitoramento hidrológico de uma bacia hidrográfica com diferentes usos do solo na região de Taquaritinga, Estado de São Paulo. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, São Paulo, 2007. São Paulo: SBRH, 2007.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M.; FEITOSA, D. G.; BARBOSA, G. C.; LIMA, R. C. Influência do uso e ocupação do solo na qualidade de água para fins de irrigação no córrego do Ipê, noroeste do Estado de São Paulo. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, 15., 2011, Curitiba. Anais... Curitiba: SBSR, 2011. p.1263-1270.

SANTOS, I.; FILL, H. D.; SUGAI, M. R. V. B.; BUBA, H.; KISHI, R. T.; MARONE, E.; LAUTERT, L. F. de C. Hidrometria Aplicada. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento - LACTEC, 2001.

Sawyer, C.N. and McCarty, P.L. (1967) Chemistry for Sanitary Engineers. McGraw-Hill Book Co., New York.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO À MICRO E PEQUENA E EMPRESA. “Projeto GEOR: desenvolvimento regional sustentável e gestão das águas na bacia do córrego do Sossego, bacia do rio Doce, Itarana-ES”. Relatório T0. Vitória-ES. 2006

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus. Acta Amazonica, v. 38, n. 4, p. 733-742, out./dez. 2008.

SILVA, D. D.; RAMOS, M. M. Planejamento e gestão integrada dos recursos hídricos. Brasília: ABEAS; Viçosa: UFV/DEA, 2001. p. 89.

SILVEIRA, G. L. (Coord). Relatório do Projeto Bacia Escola Urbana. Relatório Técnico CNPq, não publicado. Grupo de Pesquisa Gestão de Recursos Hídricos, Universidade Federal de Santa Maria e do curso de Engenharia Ambiental, UNIFRA, 115p, 2007.

SILVEIRA, G.L., TUCCI, C.E.M. Monitoramento em pequenas bacias para estimativa de disponibilidade hídrica. Rev. Bras. Recursos Hídricos, v.3, p. 97-110, 1998.

TEIXEIRA, A. J. A.; CRUZ, C. B. M. Classificação de bacias de drenagem com o suporte do sensoriamento remoto e geoprocessamento -o caso da Baía de Guanabara-. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia. Anais. Goiânia: INPE, 2005. p. 2779-86.

TEIXEIRA, E. C., LOPES, M. E. P. de A, GIRARDI, G., OLIVEIRA, S. de, QUARENTEI, L. M. Experiência prática em subsídio a novas alternativas de uso/gestão da água na agricultura irrigada: o caso do Projeto Sossego, Itarana-ES. CONGRESO LATINOAMERICANO Y DEL CARIBE DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, 9, & CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA,

39. Vitória-ES. Anais. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola – SBEA, 2010.

TEIXEIRA, E. C.; RESENDE, M.; LOPES, M. E. P. de A.; FRAGA, M. R.; DARÉ, J. C.. 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. ANAIS SIMPÓSIO EXPERIÊNCIAS EM GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS POR BACIA HIDROGRÁFICA, 2007.

TUCCI, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 1993. 943p.

TUCCI, CARLOS E. M. (Org.). et al. Hidrologia: ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS; São Paulo: Ed. da USP, 2004.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. Avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica - Ministério do Meio Ambiente. SQA. - Brasília: MMA, 2006. 302 p.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T.M. Recursos hídricos no século XXI. São Paulo: oficina de texto, 2011.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Três Barras, Marinópolis. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010.

VASCO, A. N. do ; BRITTO, F.B. ; PEREIRA, A.P.S. ; MELLO JUNIOR, A. V. ; GARCIA, C. A. B. ; NOGUEIRA, L. C. . Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na sub-bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. Revista Ambiente & Água, v. 6, p. 118-130, 2011.

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. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Volume 1. 3.ed. Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental: Universidade Federal de Minas Gerais, 2005

ZALIDIS, G.; STAMATIADIS, S.; TAKAVAKOGLU, V.; ESKRIDGE, K.; MISOPOLINOS, N. Impacts of agricultural practices on soil and water quality in the Mediterranean region and proposed assessment methodology. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 88, p. 137-146, 2002.