

ALINE DE MELO BERNARDES

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA
DO CÓRREGO DO ENGENHO, VIÇOSA, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2009**

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

B518u
2009

Bernardes, Aline de Melo, 1983-

Uso e ocupação do solo e qualidade da água na bacia do
córrego do Engenho, Viçosa, Minas Gerais / Aline de Melo
Bernardes – Viçosa, MG, 2009.
viii, 81f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Ivo Jucksch.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 71-75

1. Solo – Uso. 2. Água – Qualidade. 3. Bacias hidrográficas.
4. Córrego do Engenho, Bacia. I. Universidade Federal de
Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 631.4

ALINE DE MELO BERNARDES

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E QUALIDADE DA ÁGUA NA BACIA
DO CÓRREGO DO ENGENHO, VIÇOSA, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 22 de junho de 2009.

Prof. Eduardo de Sá Mendonça
(Coorientador)

Prof. Eduardo A. Gomes Marques
(Coorientador)

Prof. João Luiz Lani

Prof. Herly Carlos Teixeira Dias

Prof. Ivo Jucksch
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, saúde e inteligência.

Ao Departamento de Solos, pelas condições necessárias para o desenvolvimento do curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo.

Ao meu orientador, professor Ivo Jucksch, pelos ensinamentos, conselhos e amizade, exercendo além de sua função;

Aos professores coorientadores, Eduardo Marques e Eduardo Mendonça, pela prestimosidade durante a realização da pesquisa.

Aos professores Lani e Herly, por participarem da banca, contribuindo para a melhoria do trabalho.

A toda comunidade do Córrego do Engenho, em especial à Rosa, pelo acolhimento e amizade construída.

Aos meus estagiários, Bruno, Joelma e Lucas, pela seriedade e envolvimento nos trabalhos de campo e laboratório.

Aos companheiros de curso e amigos, Saulo e Gilberto, pelas contribuições prestadas.

Ao meu namorado Israel, pela parceria e incentivo constante.

À minha mãe Glória e minha irmã Elaine, pelos exemplos de vida e de força de vontade.

Finalmente a todos que acreditaram em mim e contribuíram para a concretização desse sonho.

BIOGRAFIA

ALINE DE MELO BERNARDES, filha de Izabel de Melo Bernardes e Geraldo Bernardes, nasceu em 05 de março de 1983, em Piranga, Minas Gerais.

Graduou-se em Geografia (Licenciatura e Bacharelado) na UFV em maio de 2006. Em novembro do mesmo ano ingressou no Programa de Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas do Departamento de Solos, também na UFV.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	v
ABSTRACT	vii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Problema e justificativas	1
1.2. Pergunta	2
1.3. Hipótese	2
1.4. Objetivo	2
2. REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1. Qualidade e potabilidade da água	5
2.2. Índice de Qualidade da Água (IQA)	8
2.3. Poluição e contaminação da água	15
2.4. Impactos da Suinocultura	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1. Localização da bacia do córrego do Engenho	22
3.2. Clima, vegetação, solos e relevo	22
3.3. Determinação do Coeficiente de Permeabilidade do Solo	25
3.4. Cálculo do Índice de Qualidade da Água	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
4.1. Uso e ocupação do solo na bacia do córrego do Engenho	28
4.2. Realidade socioeconômica e ambiental	35
4.3. Permeabilidade do solo	37
4.4. Caracterização dos pontos de coleta de água	40
4.5. Qualidade da água na bacia do córrego do Engenho	57
5. CONCLUSÕES	69
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71
8. ANEXOS	75

RESUMO

BERNARDES, Aline de Melo, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, junho de 2009.
Uso e ocupação do solo e qualidade da água na bacia do córrego do Engenho, Viçosa, Minas Gerais. Orientador: Ivo Jucksch. Coorientadores: Eduardo A. Gomes Marques e Eduardo de Sá Mendonça.

Do total de água doce disponível na Terra, 70% correspondem às águas subterrâneas e apenas 3% correspondem às águas superficiais. No entanto, água disponível não é sinônimo de água potável. Segundo a Organização Mundial da Saúde, “água potável é aquela cuja qualidade a torna adequada ao consumo humano”, devendo obedecer, no caso do Brasil, aos padrões de potabilidade determinados na Portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde. No meio rural, a água subterrânea é uma importante fonte de abastecimento, captada por meio de poços e geralmente consumida sem tratamento algum. Embora o manancial subterrâneo seja menos susceptível aos impactos do uso e ocupação do solo, comparativamente ao manancial superficial, sua contaminação não é visível, dificultando assim a identificação do problema. Quando a contaminação se torna perceptível, geralmente já atingiu uma larga extensão. Como reflexo deste quadro, os registros do Sistema Único de Saúde (SUS) mostram que 65% das internações hospitalares do país são devidas a doenças de veiculação hídrica. Neste contexto, o uso e ocupação do solo e a qualidade da água foram investigados na bacia do Córrego do Engenho, localizada no município de Viçosa, na Zona da Mata de Minas Gerais, pelo consumo humano da água do lençol freático, por meio de poços, em sua comunidade rural. Neste sentido, a pergunta que norteou essa pesquisa é: a água consumida na bacia do Córrego do Engenho é potável? O objetivo principal foi avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água e relacioná-la ao uso e ocupação do solo na bacia do Córrego do Engenho, visando identificar as principais fontes de contaminação. Para tanto, foram aplicadas entrevistas semi-estruturadas para investigar a realidade socioeconômica e ambiental dos moradores da bacia; foram elaborados mapas de localização, do uso e ocupação do solo e do fluxo da água subterrânea, e o modelo digital de elevação da bacia. Foram realizadas 4 campanhas, nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2008, para medição do nível do lençol freático dos poços e para coleta de água em 15 pontos: uma nascente, dois açudes, um córrego e onze poços freáticos. Os indicadores de qualidade da água analisados foram: pH, temperatura, turbidez, DBO, OD, fosfato, nitrato, sólidos totais, Coliformes totais, fecais e *Escherichia coli*. Os resultados foram comparados com os limites definidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e pela Resolução 357/05 do CONAMA. Com base nesses indicadores foi calculado o índice de qualidade água (IQA) para

cada ponto de coleta. Foram realizados ainda seis ensaios para obter o coeficiente de permeabilidade dos solos próximos aos poços. Como resultados, predominam na bacia áreas de pastagens e a atividade agrícola mais expressiva é a olericultura, seguida do cultivo de milho, feijão e café. Foram observados 1 canil e 2 fossas em altitude mais elevada que a de poços e maioria desses à curta distância das fossas, além de uma residência sem fossa. No entanto, a maior fonte de contaminação das águas superficiais e subterrâneas da bacia provém da prática da suinocultura que despeja diretamente os dejetos em um dos açudes. Foi detectada contaminação da água em poços com solos de permeabilidade considerada ruim devido ao nível elevado do lençol freático. Dentre os poços escavados, 60% apresentaram qualidade ruim e 40% qualidade regular. Dentre os poços tubulares, 50% apresentaram qualidade boa e 50% qualidade ótima. Todos os pontos próximos ao curso do córrego à jusante da pocilga podem ser considerados de qualidade ruim e péssima. Portanto, respondendo à pergunta inicial, é possível inferir que a água consumida na bacia do Córrego do Engenho não é potável em 72,72% dos poços, todos estes contaminados por *Escherichia coli*. A questão da água potável é delicada e séria. É um tema que não se restringe apenas a técnicos e governantes, mas também à população em geral que, ao mesmo tempo em que causa a contaminação, sofre suas consequências.

ABSTRACT

BERNARDES, Aline de Melo, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, June, 2009.

Land use and water quality on the Engenho stream watershed, Viçosa, Minas Gerais. Adviser: Ivo Jucksch. Co-Adviser: Eduardo A. Gomes Marques e Eduardo de Sá Mendonça.

From all the pure water available on Earth, 70% are underground water and only 3% are superficial water. However, available water is not the same as potable water. According to the Health World Organization: “potable water has quality to allow human consumption”, in respect to the potability patterns determined by the Health Ministry Ordinance nº 518/04. At the rural zones, underground waters are very important as supplies, reached through wells and consumed without treatments. Although underground rivers are less susceptible to land use impacts in comparison to superficial rivers, its contamination is not visible, making difficult to identify the problem. When the contamination became perceptible, generally it has already reached long distances. As a reflex of this panorama, the registers of the Unique Health System (SUS) shows that 65% of the hospitalizations on the country were due water aspects. On this context, the soil use and the water quality have been investigated on the Engenho stream watershed, located in the municipality of Viçosa, Zona da Mata, Minas Gerais, Brazil. The human consumption of water from the groundwater, by means of wells in the rural community also has been investigated. The question which led this research was: Is the water consumed on the Engenho stream watershed potable? The main objective was to evaluate the physical-chemical and microbiological quality of the water and relate them to the land use on the Engenho stream watershed, aiming to identify the main contamination sources. Semi-structured interviews have been applied to investigate the social-economic and environmental reality from the propriety owners on the watershed. Localization maps, digital elevation models, land uses and underground water flux have been elaborated. Four campaigns were made, on the months of September, October, November and December, to measure the groundwater level on the wells and for the water collection in 15 spots: one water source, two weirs, one stream and eleven groundwater wells. The water quality indicators used were: pH, temperature, turbidity, DBO, OD, phosphate, nitrate, total solid, total and fecal coliforms, and *Escherichia coli*. The results were compared to the limits defined by the Health Ministry Ordinance 518/04 and by the CONAMA Resolution 357/05. Based on those indicators, the water quality index (IQA) has been calculated to each collection spot. Six tests have been made to obtain the soil permeability coefficient next to the wells. As results, overcome at the watershed areas of pasture and the more expressive agricultural activity is horticulture,

followed by corn, bean and coffee. One kennel and two septic tanks have been observed higher than the wells and most of them at short distances from them, beyond one residence without septic tank. However, the higher contamination source in the superficial and underground waters comes from the swine which dumps directly its dejects into the wears. It has been detected water contamination on the wells with permeability soils considered weak due the high underground water level. From the excavated wells, 60% showed bad quality and 40% regular quality. From the tubular wells, 50% showed gob quality and 50% great quality. All the spots next to the stream to the downstream of the sty can be considered of bad or nasty quality. Therefore, answering the initial question: It is possible to infer that the water consumed on the Engenho stream watershed is not potable in 72,72% of the wells, which all are contaminated by *Escherichia coli*. The potable water matter is delicate and serious. It's a theme that does not restraint to technicians and rulers, but also to general population who, at the same time that motivates the contamination, suffers its consequences.

1. INTRODUÇÃO

1.1. Problema e justificativas

No meio rural, os poços são as principais fontes de abastecimento de água que, na maioria das vezes pouco profundos, tornam-se bastante susceptíveis à contaminação. O consumo de água, segundo os padrões de potabilidade adequados, é de importância fundamental para a saúde humana. No Brasil, o controle e a vigilância da qualidade da água são normatizados pela Portaria nº 518, de 25 de março de 2004, do Ministério da Saúde, que estabelece os Valores Máximos Permitidos (VMP) para contaminantes microbiológicos e para as características físico-químicas e radioativas que representam riscos para a saúde (BRASIL, 2004).

A água de consumo humano é um dos importantes veículos de enfermidades diarreicas de natureza infecciosa, o que torna primordial a avaliação de sua qualidade microbiológica. As doenças de veiculação hídrica são causadas principalmente por microrganismos patogênicos de origem entérica, animal ou humana, transmitidos basicamente pela rota fecal-oral, ou seja, são excretados nas fezes de indivíduos infectados e ingeridos na forma de água ou alimento contaminado por água poluída com fezes. A maioria das doenças nas áreas rurais pode ser consideravelmente reduzida, desde que a população tenha acesso a água potável. Entretanto, um dos maiores problemas das fontes particulares é a ausência de avaliação e monitoramento da qualidade da água consumida (AMARAL et al. 2003).

Neste sentido, os critérios adotados para assegurar a qualidade da água têm por objetivo fornecer uma base para o desenvolvimento de ações que, se propriamente implementadas junto à população, garantem a segurança do abastecimento de água através da eliminação ou redução à concentração mínima de constituintes na água conhecidos por serem perigosos à saúde (D'AGUILA et al. 2000).

Diversos fatores podem comprometer a qualidade da água subterrânea ou freática. O destino final do esgoto doméstico, a disposição inadequada de resíduos sólidos, o lançamento dos dejetos de animais no ambiente sem tratamento prévio e o uso indiscriminado de agrotóxicos e fertilizantes na agricultura representam fontes de contaminação dessas águas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (SILVA, 2003).

Geralmente as bacias vertentes do complexo sistema formador da drenagem de rios, que fornecem água para o abastecimento dos centros urbanos, são consideradas áreas ecologicamente frágeis (nascentes e áreas de recarga dos aquíferos). Assim, é necessário

determinar prioridades nas intervenções para mitigação de impactos ambientais negativos que ocorram nessas bacias/sub-bacias, contribuindo para o planejamento integrado do uso e ocupação do solo, tendo em vista o desenvolvimento sustentável no qual se compatibilizam atividades econômicas com qualidade ambiental.

Neste sentido, a sub-bacia do córrego do Engenho forma uma das cabeceiras da bacia do Ribeirão São Bartolomeu, que é responsável por 65% do abastecimento de água da cidade de Viçosa, na Zona da Mata de Minas Gerais. A bacia do Córrego do Engenho foi escolhida para a realização desta pesquisa não apenas por sua importância para o abastecimento público de água da cidade de Viçosa, mas, principalmente, pelo consumo humano de água captada em poços, sem tratamento, em sua própria comunidade rural. Em um primeiro levantamento de campo para conhecimento da bacia foram diagnosticados alguns problemas ambientais, provavelmente causados pelo uso e ocupação do solo.

Assim sendo, trata-se de um importante manancial de água superficial e subterrâneo, onde não só a qualidade, mas a possibilidade de uso destas águas fica cada vez mais prejudicada. As consequências da deterioração dos mananciais são a contaminação das águas, o comprometimento da qualidade de vida das populações e a própria extinção dos mananciais.

Portanto, pela necessidade de proteção à saúde pública e pela vulnerabilidade de poluição das águas subterrâneas, é necessária a intensificação de estudos no sentido de avaliar a qualidade da água consumida no meio rural.

1.2. Pergunta

A água consumida na bacia do Córrego do Engenho é potável?

1.3. Hipótese

O uso e a ocupação do solo na bacia do Córrego do Engenho comprometem a qualidade da água.

1.4. Objetivo

Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica da água e relacioná-la ao uso e ocupação do solo na bacia do Córrego do Engenho, visando identificar as possíveis fontes de contaminação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As interferências do homem no meio ambiente, principalmente por meio da utilização das terras, vêm gerando, ao longo do tempo, a insustentabilidade dos recursos naturais. O ciclo degradador provocado por desmatamentos, exposição do solo às intempéries, intensa utilização de insumos, descarga de dejetos em cursos d'água gera impactos negativos, fato esse agravado por um difícil e custoso controle. Para minimizar tais efeitos, é necessário estabelecer um sistema de conservação do solo e da água, associado à observação do uso e ocupação do solo na paisagem e da movimentação da água.

Nesse contexto, torna-se evidente a necessidade de considerar as interações entre os setores social, econômico e ambiental, a fim de conduzir estratégias de sustentabilidade. Os fatores culturais, sociais e econômicos devem ser observados e analisados, tendo como indicadores a base dos recursos naturais que os sustentam. Para isso, a tipificação dos ambientes ocupados pelos sistemas dos agricultores impõe um conhecimento do ecossistema e um zoneamento baseado em critérios de produtividade e sustentabilidade, em face dos usos atuais, que se agreguem ao histórico da ocupação humana (VIVAN, 1998).

Como reflexo da dinâmica dos sistemas sociais e naturais, a paisagem expressa o resultado da acumulação de tempos (SANTOS, 2004), variando em função das condições ambientais e das intervenções humanas impostas (HARDT, 2004). Para Forman e Godron (1986), as unidades espaciais fundamentais para constituição da paisagem se relacionam com a bacia hidrográfica, onde os divisores d'água podem limitar determinado compartimento paisagístico.

A bacia hidrográfica é uma unidade importante, pois, nela interagem fatores físicos, químicos, biológicos, econômicos, sociais e culturais. Pode-se deduzir que as bacias hidrográficas integram uma visão de conjunto do comportamento das condições naturais e das atividades humanas nelas desenvolvidas. Mudanças significativas, em qualquer um desses fatores, podem gerar alterações no meio físico como um todo (GUERRA, et al., 1996).

Para Coelho Netto (1998), a água constitui um dos mais importantes componentes físicos da paisagem, pois estabelece, a partir da sua interação com os demais elementos do seu ambiente de drenagem, a interligação de fenômenos da atmosfera e da litosfera, influenciando praticamente todas as formas de vida, inclusive a humana. Nesse contexto, bacias hidrográficas de mananciais de abastecimento devem ter como principal objetivo fornecer água de qualidade à população, sendo as demais atividades desenvolvidas nestes espaços

subordinadas à garantia das adequadas condições hídricas em termos qualiquantitativos (LARA, 2003).

Ongley (1997) destaca que a agricultura é ao mesmo tempo fonte e vítima da contaminação dos recursos hídricos. É fonte pelas descargas de contaminantes e sedimentos nas águas superficiais e/ou subterrâneas, pela perda de solo como resultado de práticas agrícolas erradas e transporte das terras pela irrigação. É vítima pelo uso de águas residuárias, que contaminam as culturas e transmitem enfermidades aos consumidores e trabalhadores.

Deste modo, a atividade agrícola rege uma importante função na contaminação dos mananciais, sendo uma atividade com alto potencial degradador, onde a qualidade da água é reflexo do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica. Pode-se inferir ainda que existe uma forte relação entre o aumento de produtividade, o aumento do uso de agrotóxicos, a degradação ambiental e os danos à saúde humana (WASWA et al., 2002).

De acordo com Pegorini, Carneiro e Andreoli (2005), a ausência ou ineficiência do processo de planejamento produz consequências deletérias. Para Pellizzaro et al. (2008), a acentuada e desordenada ocupação produz vários desafios a serem enfrentados pelo planejamento, tanto sob o aspecto físico quanto em relação às condições sociais, políticas, econômicas e ambientais.

Segundo Franco (2001), o planejamento ambiental se baseia em três princípios da ação humana sobre os ecossistemas: preservação, com os ecossistemas permanecendo intocados pelo homem, representando áreas de reserva ambiental e bancos genéticos para vidas futuras; recuperação, aplicável aos locais alterados por significativos impactos, com vistas à sua recomposição; e conservação, com usufruto dos recursos naturais sem degradação do meio.

A gestão pode ser interpretada como a efetivação das condições previstas para o futuro pelo planejamento, sendo concebida como um processo flexível e adaptável às necessidades do presente (SOUZA, 2002). Dessa forma, o texto constitucional incorpora o princípio do desenvolvimento sustentável. No Título VIII (Da Ordem Social) da Constituição da República Federativa do Brasil, o Capítulo VI (Do Meio Ambiente) afirma que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (Artigo 225).

Portanto, ações conservacionistas de água e solo compreendem um conjunto de medidas que possibilitam a gestão da oferta, ao aumentar a quantidade de água disponível nas bacias, por meio da adequada recarga dos aquíferos, e a melhoria de sua qualidade, ao reduzir

os processos erosivos e o volume de efluentes lançados nos corpos de água. Outro efeito é que a visão de conservação promove a gestão da demanda, utilizando técnicas e procedimentos voltados à racionalização dos usos nos diversos setores usuários e ao estimular o reuso.

Entretanto, a universalização do uso das práticas conservacionistas, notadamente no meio rural, é ainda uma realidade distante. Prevê-se que, mudanças em médio e em longo prazo, são capazes de alterar, significativamente, o quadro atual de degradação, desde que observados esses novos paradigmas voltados à maior participação da comunidade, à inserção da dimensão ambiental em todas as atividades e à adequada regulamentação da legislação no tocante a incentivos à execução de ações conservacionistas (SANTOS e ROMANO, 2005).

2.1. Qualidade e potabilidade da água

Segundo Von Sperling (1996), o conceito de qualidade da água é muito mais amplo do que a simples caracterização da água pela fórmula molecular H_2O . Isto porque a água, devido às suas propriedades de solvente e à sua capacidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, as quais definem a qualidade da água. Portanto, as características apresentadas pela água, determinadas pelo conjunto de substâncias nela presentes, refletem sua qualidade.

A questão da qualidade das águas ganhou evidência com a sanção da Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, tendo como um dos fundamentos gerir tais recursos, proporcionando uso múltiplo, em consonância com objetivos que assegurem “à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos”. Esse ponto demonstra a preocupação com a integração da gestão quanto aos aspectos de qualidade e quantidade, destacando-se, também, o ponto em que uma das ações principais é a “integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental”.

A qualidade da água é resultante de fenômenos naturais e da atuação do homem. De maneira geral, pode-se dizer que a qualidade da água é função do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica. Em contraposição à qualidade existente de uma determinada água, tem-se a qualidade desejável para esta água. A qualidade desejável da água é função do seu uso previsto. De acordo com Von Sperling (1996), são os seguintes os principais usos da água: abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais, aquicultura, preservação da flora e da fauna, recreação e lazer, harmonia paisagística, geração de energia elétrica, navegação e diluição de despejos.

Destes usos, os quatro primeiros (abastecimento doméstico, abastecimento industrial, irrigação, dessedentação de animais) implicam na retirada da água das coleções hídricas onde se encontram. Os demais usos são desempenhados na própria coleção de água. Em termos gerais, apenas os dois primeiros usos (abastecimento doméstico e abastecimento industrial) estão frequentemente associados a um tratamento prévio da água, face aos seus requisitos de qualidade mais exigentes.

A interrelação entre o uso da água e a qualidade requerida para a mesma é direta. Na lista de usos apresentada, pode-se considerar que o uso mais nobre seja representado pelo abastecimento de água doméstico, o qual requer satisfação de diversos critérios de qualidade. De forma oposta, o uso menos nobre é o da simples diluição de despejos, o qual não possui nenhum requisito especial em termos de qualidade. No entanto, diversos corpos d'água têm usos múltiplos previstos para os mesmos, decorrendo daí a necessidade da satisfação simultânea de diversos critérios de qualidade.

Segundo Von Sperling (1996), além dos requisitos de qualidade, que traduzem de uma forma generalizada e conceitual a qualidade desejada para a água, há a necessidade de se estabelecer também padrões de qualidade, embasados por um suporte legal. Os padrões devem ser cumpridos, por força da legislação, pelas entidades envolvidas com a água a ser utilizada. Da mesma forma que os requisitos, também os padrões são função do uso previsto para a água. Em termos práticos, são os seguintes tipos de padrão: padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor e padrões de qualidade para determinado uso imediato (ex: padrões de potabilidade).

A Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Nessa Resolução, as águas do território nacional foram divididas em águas doces (salinidade < 0,05%), salobras (salinidade entre 0,05% e 3%) e salinas (salinidade > 3%). Em função dos usos previstos, foram criadas nove classes, em que a Classe Especial pressupõe os usos mais nobres, e a Classe 4, os menos nobres.

A cada uma dessas classes corresponde uma determinada qualidade a ser mantida no corpo d'água. Essa qualidade é expressa em forma de padrões, através da referida Resolução do CONAMA. Os padrões de lançamento e de qualidade do corpo receptor inferem que um efluente, além de satisfazer os padrões de lançamento, deve proporcionar condições tais no corpo receptor, de tal forma que a qualidade do mesmo se enquadre dentro dos padrões para os corpos receptores.

Os padrões de potabilidade estão diretamente associados à qualidade da água fornecida ao consumidor, ou seja, na própria ligação domiciliar. Os padrões de potabilidade, assim como os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano foram estabelecidos na Portaria do Ministério da Saúde nº 518, de 25 de março de 2004.

No entanto, as recomendações dessa portaria indicam que os rumos para a avaliação da qualidade da água de consumo se tornam cada vez mais complexos devido à decrescente qualidade de água bruta captada em mananciais deteriorados, reforçando que ações na área de saneamento ambiental são dinâmicas e devem refletir as contínuas alterações ambientais.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) define como água potável aquela que apresenta aspecto límpido e transparente; não apresenta cheiro ou gosto objetáveis; não contém nenhum tipo de microrganismo que possa causar doença; e não contém nenhuma substância em concentrações que possam oferecer riscos à saúde.

Para avaliar se um determinado corpo d'água apresenta condições satisfatórias para o consumo humano, é necessário efetuar a análise de todos os parâmetros que caracterize sua potabilidade dentro dos padrões estabelecidos pelo Ministério da Saúde, dificultando assim sua classificação como potável. Enquanto que, para os demais usos, a avaliação da qualidade da água depende fundamentalmente da escolha dos parâmetros representativos de seu "status" por ocasião do momento da amostragem. Por meio da determinação dos indicadores de qualidade é possível inferir sobre a não potabilidade da água, uma vez que, por exemplo, no padrão microbiológico da água para consumo humano o VMP deve ser ausente para qualquer parâmetro.

Os parâmetros e padrões de qualidade da água são determinados em função dos seus usos preponderantes atuais e futuros. Para garantir o atendimento das necessidades, a vontade futura dos usuários da água, os limites fixados devem ser respeitados para que não venham prejudicar os usos prioritários.

Ao longo do tempo as águas superficiais vêm perdendo sua qualidade devido à intensificação das ações antropogênicas sem o devido planejamento, ocasionando maior ônus para o seu tratamento e consumo. Em virtude desse comprometimento, a exploração das águas subterrâneas tem crescido muito por ser considerada uma alternativa imediata de fácil acesso com qualidade supostamente garantida. Esta alternativa de abastecimento vem sendo adotada tanto por empresas de saneamento básico para diminuir os custos dos tratamentos adequados, como por domicílios particulares como uma forma de economia.

No Brasil, as águas subterrâneas são intensamente exploradas, sendo utilizadas para diversos fins, tais como dessedentação e higiene, abastecimento humano, irrigação, indústria e recreação. Estima-se que existam no país pelo menos 400.000 poços (ZOBY; MATOS, 2002); 15,6% dos domicílios brasileiros utilizam exclusivamente água subterrânea; 77,8% usam rede de abastecimento de água, e 6,6% usam outras formas de abastecimento (IBGE, 2002 apud BRASIL, 2005). Além disso, devemos considerar os municípios que utilizam tanto a água superficial como também a água subterrânea, fato verificado principalmente em muitos domicílios particulares que possuem abastecimento de água da rede de abastecimento público e ainda utilizam a água subterrânea de forma complementar.

É importante ressaltar que além das atividades que ocorrem nas áreas próximas aos poços afetarem a qualidade de sua água, o estado de conservação e a localização dos sistemas de exploração são fatores importantes para determinar o risco de contaminação da água potável. Para minimizar esse risco a construção de poços para captação de águas subterrâneas deve seguir as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, através da NBR 12.244, de 1992. Poços mal construídos, sem acompanhamento técnico de profissional habilitado, são vetores diretos de contaminação, favorecendo a entrada de águas e substâncias superficiais que estejam contaminadas. A percolação desses materiais para dentro dos poços pode promover a contaminação do aquífero, no qual eles estão captando a água. Caso seja contaminado irá fornecer água contaminada para os outros poços que extraem água dele, e quando um aquífero é contaminado, sua remediação é, em geral, muito difícil.

Portanto, torna-se preocupante a falsa premissa de que as águas subterrâneas, diferentemente das águas superficiais, estão protegidas dos diversos processos de contaminação, pois do ponto de vista quantitativo, o ciclo hidrológico recicla a água, porém, do ponto de vista qualitativo é bem diferente.

2.2. Índice de Qualidade da Água (IQA)

Os índices e indicadores ambientais nasceram como resultado da crescente preocupação social com os aspectos ambientais do desenvolvimento, processo que requer um número elevado de informações em graus de complexidade cada vez maiores. Por outro lado, os indicadores tornaram-se fundamentais no processo decisório das políticas públicas e no acompanhamento de seus efeitos. Esta dupla vertente apresenta-se como um desafio permanente de gerar indicadores e índices que tratem um número cada vez maior de informações, de forma sistemática e acessível, para os tomadores de decisão.

As principais vantagens do índice são a facilidade de comunicação com o público leigo, o status maior do que as variáveis isoladas e o fato de representar uma média de diversas variáveis em um único número, combinando unidades de medidas diferentes em uma única unidade. No entanto, sua principal desvantagem consiste na perda de informação das variáveis individuais e da sua interação. O índice, apesar de fornecer uma avaliação integrada, jamais substituirá uma avaliação detalhada da qualidade das águas de uma determinada bacia hidrográfica.

A partir de um estudo realizado pela “National Sanitation Foundation” dos EUA, sistemas brasileiros de abastecimento de água, como a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), adaptaram e desenvolveram o IQA – Índice de Qualidade da Água que incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade da água, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

É importante ressaltar que este índice não tem o objetivo de inferir diretamente sobre a potabilidade da água. Portanto é um índice da qualidade da água bruta a ser captada, que após tratamento, deve ser distribuída para a população com garantia de potabilidade.

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade de águas, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresentam cada uma, segundo uma escala de valores. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostas, somente nove foram selecionadas.

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades da água correspondente aos indicadores que o integram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, nitrato, fosfato, sólidos totais e turbidez. Esses indicadores refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos. A seguir a descrição de cada um deles:

Temperatura (°C) - Variações de temperatura são partes do regime climático normal, os corpos d'água naturais apresentam variações sazonais e diurnas, bem como estratificação vertical. A temperatura da água é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade. A temperatura desempenha um papel principal de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de parâmetros físico-químicos. Organismos aquáticos possuem limites de tolerância térmica superior e inferior, temperaturas ótimas para crescimento, temperatura preferida em

gradientes térmicos e limitações de temperatura para migração, desova e incubação do ovo (MOTA, 1997).

Turbidez (Unidade Nefelométrica de Turbidez = UNT) - A turbidez de uma amostra de água é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la (e esta redução se dá por absorção e espalhamento, uma vez que as partículas que provocam turbidez nas águas são maiores que o comprimento de onda da luz branca), devido à presença de sólidos em suspensão (CETESB, 2003). Entretanto, a turbidez não depende estritamente da concentração de sedimentos em suspensão, mas também de outras características do sedimento tais como tamanho, composição mineral, cor e quantidade de matéria orgânica (SANTOS et al. 2001).

Esse parâmetro é de extrema importância para a vida aquática, pois segundo Braga et al. (2002), com o aumento da turbidez, e conseqüentemente a redução da transparência da água, ocorre redução nas taxas fotossintéticas, prejudicando a procura de alimento para algumas espécies, o que leva a desequilíbrios ambientais. Estudos mais recentes associam a variável turbidez em mananciais que recebem despejos de esgotos domésticos à presença de organismos patogênicos, tornando-se além de um parâmetro de controle estético um parâmetro sanitário de qualidade (SANTOS et al.1999). Esse parâmetro físico é bastante utilizado na caracterização de águas para o abastecimento.

Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução nº 357/05 do CONAMA, os valores da turbidez para as águas de consumo humano não podem exceder 40 UNT.

pH = Potencial Hidrogeniônico - O termo pH é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução. A biota aquática exerce influencia marcante sobre o pH da água, pois de acordo com Moraes (2001), o consumo de CO₂ durante o dia, pelo processo fotossintético, a partir das macrófitas aquáticas e algas, pode elevar o pH do meio. Por outro lado, há a liberação e dissolução de gás carbônico na água pela respiração, resultarão em ácido carbônico, promovendo a redução do pH (BRAGA et al. 2002). Outros fatores que podem influenciar os valores de pH da água são os despejos domésticos e industriais, através da oxidação da matéria orgânica e despejo de químicos (VON SPERLING, 1996).

Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução nº 357/05 do CONAMA, os valores de pH para as águas de consumo humano devem permanecer na faixa de 6 a 9.

Oxigênio Dissolvido = OD (mg/L) - A dinâmica do oxigênio dissolvido na água está intimamente relacionada com a biota aquática, pois faz parte dos processos de fotossíntese e respiração ou decomposição, que, por sua vez estão diretamente relacionados, à intensidade luminosa e à temperatura (MORAES, 2001). É originado, naturalmente, da dissolução do oxigênio atmosférico e da produção por organismos fotossintéticos (VON SPERLING, 1996).

A determinação do oxigênio dissolvido é de fundamental importância para avaliar as condições naturais da água e detectar impactos ambientais como eutrofização e poluição orgânica. O OD é essencial para a manutenção dos processos naturais de autodepuração em sistemas aquáticos e estações de tratamento de esgotos. O OD é vital para os seres aquáticos aeróbicos (dependentes de oxigênio). Logo, o OD é um dos principais parâmetros de caracterização dos efeitos da poluição das águas decorrentes de despejos orgânicos.

A ação antrópica, por meio de lançamentos de efluentes, pode alterar o curso natural da dinâmica do oxigênio na água, pois de acordo com Von Sperling (1996), as bactérias decompositoras, consomem oxigênio disponível no processo de estabilização da matéria orgânica, reduzindo significativamente sua concentração na água.

Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução nº 357/05 do CONAMA, os valores de oxigênio dissolvido para as águas de consumo humano não podem ser inferiores a 6 mg/L.

Demanda Bioquímica de Oxigênio = DBO (mg/L) - É definida como a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica biodegradável sob condições aeróbicas, isto é, avalia a quantidade de oxigênio dissolvido, em mg/L, que será consumida pelos organismos aeróbios ao degradarem a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbia para uma forma inorgânica estável. Um período de tempo de 5 dias numa temperatura de incubação de 20°C é frequentemente usado e referido como DBO_{5, 20}. O teste de DBO é um bioensaio em que é medido o oxigênio consumido por organismos vivos enquanto utilizam a matéria orgânica presente na amostra de água. Quando executado em águas de rio, este teste mede as condições de poluição por matéria orgânica tanto de origens industriais como urbanas e rurais (CAIADO et al. 1999).

Os maiores aumentos em termos de DBO, num corpo d'água, são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica. A presença de um alto teor de matéria orgânica pode induzir à completa extinção do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática. Um elevado valor da DBO pode indicar um incremento da micro-flora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além

de produzir sabores e odores desagradáveis e ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água.

Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução nº 357/05 do CONAMA, os valores da demanda bioquímica de oxigênio para as águas de consumo humano não podem exceder 3 mg/L.

Sólidos Totais (mg/L) - As impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, correspondem aos sólidos, que em águas naturais, originam-se do processo de erosão natural dos solos e do intemperismo das rochas (CARVALHO, 1993). No entanto, o despejo de esgotos e o uso dos solos para a agricultura constituem-se nas principais contribuições antrópicas de sólidos na água dos mananciais. Os esgotos domésticos não tratados podem contribuir com uma variação típica de 700 – 1.350 mg/L de sólidos totais (VON SPERLING, 1996). Os sólidos presentes na água, segundo Von Sperling (1996), podem ser classificados de acordo com o seu estado e tamanho (em suspensão ou dissolvidos), com as características químicas (voláteis e fixos) e decantabilidade (sedimentáveis e não sedimentáveis).

Nitrato (NO_3^-) - O nitrato é a principal forma de nitrogênio associada à contaminação da água pelas atividades agropecuárias. Isto ocorre pelo fato de que o ânion nitrato, caracterizado por ser fracamente retido no solo, tende a permanecer mais em solução, principalmente nas camadas superficiais do solo, onde a matéria orgânica acentua o caráter eletronegativo das partículas de solo. Na solução do solo o nitrato fica muito propenso ao processo de lixiviação e ao longo do tempo pode haver considerável incremento nos teores de nitrato nas águas profundas.

A intensidade do processo de contaminação depende principalmente das quantidades de nitrato presentes no solo, da permeabilidade do solo, das condições climáticas (pluviosidade), do manejo da irrigação e da profundidade do lençol freático. Merece destaque também o fator de que a elevação dos teores nitrato na água é indicativo de risco potencial para a presença de outras substâncias indesejáveis, tais como muitas moléculas sintéticas de defensivos agrícolas que possivelmente se comportam de forma análoga ao nitrato. No caso da poluição pontual por meio de despejos de suínos em confinamento, ele é diretamente adicionado à água. Da mesma forma que ocorre para o fósforo, o enriquecimento excessivo de águas superficiais em nitrato leva à eutrofização dos mananciais.

O consumo de água com altas concentrações de nitrato torna-se preocupante, uma vez que está associado a dois efeitos adversos à saúde: a indução à metemoglobinemia,

especialmente em crianças, e a formação potencial de nitrosaminas carcinogênicas (ALABURDA; NISHIHARA, 1998).

Soma-se a esses efeitos o fato de o nitrato ser uma espécie química persistente, móvel e que não degrada facilmente em meio aeróbico subterrâneo, podendo migrar por grandes distâncias a partir do local de origem. O amônio (NH_4^+), por outro lado, em altas concentrações já é um indicativo de que pode ocorrer uma oxidação para nitrato (processo de nitrificação), aumentando assim os teores dessa substância no meio.

Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução nº 357/05 do CONAMA, as concentrações de nitrato para as águas de consumo humano não podem exceder 10 mg/L.

Fosfato (PO_4^{3-}) - O enriquecimento da água em fósforo não traz maiores problemas de saúde para o consumo, pois se trata de um nutriente requerido em elevadas quantidades pelos animais em geral. Pode ser originário de adubos, fertilizantes, excrementos de animais, detergentes, materiais particulados atmosféricos ou provenientes da solubilização de rochas. Entretanto, este enriquecimento pode trazer sérios problemas em termos de desequilíbrio dos ecossistemas aquáticos devido ao processo de eutrofização, que consiste da proliferação exagerada de algas (fitoplâncton) e plantas aquáticas (macrófitas) (VALENTE, 1997).

Como consequência da eutrofização, ocorre o aumento da turbidez da água, alterando também o ambiente subaquático, devido à redução da penetração de luz em profundidade, não ocorrendo a fotossíntese das plantas submersas, acarretando o desaparecimento dessa vegetação e a perda de alimento, habitats e oxigênio dissolvido. Embora os lagos eutróficos possuam elevada quantidade de fitoplâncton a sua distribuição superficial provoca nesse setor uma saturação em oxigênio, que se escapa para a atmosfera, não restabelecendo o oxigênio dissolvido ao nível das águas profundas.

O fitoplâncton tem taxas de crescimento e reprodução muito elevadas, formando tapetes verdes à superfície dos cursos de água, principalmente nos setores com correntes fracas. Quando estes organismos morrem, depositam-se no fundo, formando espessos depósitos. O aumento de detritos leva a um aumento de decompositores (essencialmente bactérias), cujo crescimento exponencial provoca uma diminuição do oxigênio dissolvido (consumido na respiração). O esgotamento do oxigênio leva à morte por asfixia de peixes e crustáceos, mas não de bactérias, que recorrem à fermentação e respiração anaeróbia.

As bactérias proliferam e aproveitam o oxigênio, cada vez que este está disponível, mantendo a água com permanente carência em oxigênio. Pode ainda ocorrer oxidação da

matéria orgânica e de outros compostos, contribuindo também para a diminuição do oxigênio dissolvido e agravamento da eutrofização (VALENTE, 1997).

Valente (1997) conclui que a eutrofização causa grande desequilíbrio ecológico, com a diminuição do número e quantidade das espécies aquáticas. Torna o meio impróprio para o lazer, o qual se converte num local de disseminação de doenças.

Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução nº 357/05 do CONAMA, as concentrações de fosfato para as águas de consumo humano não podem exceder 0,1 mg/L.

Coliformes (NMP/100ml) – Segundo Bastos et al. (2003) o mais específico indicador de contaminação fecal recente da água, de grande importância na avaliação de sua potabilidade, é a *Escherichia coli* (*E. coli*), bactéria patogênica do grupo dos coliformes termotolerantes. No entanto, a presença de coliformes totais na água não representa, por si só, um risco à saúde, pois a maioria de suas bactérias não é patogênica, mas possuem potencial para deteriorar a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis, sendo utilizado como indicador higiênico. Já a medição do número de coliformes fecais em um corpo d'água, apesar do nome, inclui espécies de origem não-exclusivamente fecal, podendo ocorrer naturalmente no solo, na água e em plantas, indicando também a possibilidade de coexistência de organismos patogênicos ou não. Portanto, o emprego indiscriminado dos coliformes como indicadores de contaminação pode levar à super ou subavaliações da segurança ou dos riscos à saúde, associados a uma determinada situação.

A *E. coli* é um dos poucos seres vivos capaz de produzir todos os componentes de que é feita, a partir de compostos básicos e fontes de energia suficientes. É um dos microrganismos tido como habitante natural da flora microbiana do trato intestinal de humanos e da maioria dos animais de sangue quente, sendo, portanto, normalmente encontrado nas fezes destes animais. As doenças ocorrem devido à disseminação dessa bactéria em outros órgãos.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (1995), a *E. coli* está entre as principais causas de: Gastroenterites, Infecção do trato urinário (ITU), Colecistite, Apendicite, Peritonite, Meningite e Septicemia.

Segundo os padrões de potabilidade da água estabelecidos pela portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde, os valores de Coliformes Totais e *Escherichia coli* para as águas de consumo humano devem ser ausentes em 100 ml de água.

2.3. Poluição e contaminação da água

O conceito de poluição da água deve ser entendido como perda de sua qualidade, ou seja, alterações nas características da água que comprometam um ou mais usos do manancial. Por sua vez, contaminação é em geral entendida como um fenômeno de poluição que apresente risco à saúde (BASTOS et al., 2003).

As águas podem ser contaminadas por qualquer poluente que entre em contato com a camada de material inconsolidado que recobre a superfície do solo e/ou que migre para as camadas mais profundas (CORSON, 1993). A poluição causada pela agricultura pode ocorrer de forma pontual ou difusa. Na pontual, os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço. Refere-se, por exemplo, à contaminação causada pela criação de animais em sistemas de confinamento, principalmente a suinocultura, onde grandes quantidades de dejetos são produzidas e lançadas diretamente no ambiente. Já na poluição difusa, os poluentes atingem o corpo d'água de forma distribuída ao longo da sua extensão. É aquela causada principalmente pelo aporte de agroquímicos (adubos solúveis e agrotóxicos), por meio do deflúvio superficial, da lixiviação e do fluxo por macroporos que, por sua vez, estão relacionados com as propriedades do solo como a permeabilidade (VON SPERLING, 1996).

Neste sentido, a poluição dos corpos d'água é responsável pela redução da qualidade e disponibilidade da água e é resultado do lançamento de esgotos e de águas residuárias de forma indiscriminada, do carreamento dos agrotóxicos da agricultura aos rios e do tratamento ineficiente e precário dos resíduos sólidos, restringindo a sua utilização no abastecimento humano, animal, industrial, irrigação, pesca, além de inviabilizar o seu uso para o lazer, o esporte e a recreação.

Os esgotos domésticos lançados num corpo d'água alteram as características físicas, químicas e biológicas desse corpo, levando à ocorrência de diferentes riscos e impactos ambientais, quer sejam penetrantes ou intensivos, a partir das possíveis combinações das várias características dos mesmos, destacando aqui os níveis de vulnerabilidade ambiental, diretamente relacionados às condições sócio-econômicas e tecnológicas, bem como à adoção de determinadas medidas preventivas e mitigadoras .

De acordo com Benetti e Bidone (1993), os esgotos sanitários possuem microorganismos (bactérias e vírus); nutrientes (nitrogênio e fósforo); óleos; graxas; detergentes, e também composição praticamente uniforme constituída por matéria orgânica biodegradável. Estas condições relativas às águas residuárias levam à ocorrência de processos de degradação e apresentam estreitas interações entre os sistemas de eventos naturais e os

antrópicos, condizentes às formas de utilização ambiental, gerando significativos impactos antropogênicos, consideradas as características dos níveis de magnitude, extensão e dispersão espacial, entre outras.

Um dos mais importantes aspectos de poluição das águas é aquele relacionado com o fator higiênico, associado às doenças de veiculação hídrica. Um corpo d'água receptor do lançamento de esgotos pode incorporar a si toda uma ampla gama de agentes transmissores de doenças. Este fato não gera um impacto à biota do corpo d'água em si, mas afeta alguns dos usos preponderantes a ele destinados, tais como abastecimento de água potável e balneabilidade.

É, portanto, de fundamental importância o conhecimento do comportamento dos agentes causadores de doenças em um corpo d'água, a partir do seu lançamento até os locais de captação. Sabe-se que a maioria desses agentes tem no trato intestinal humano as condições ótimas para o seu crescimento e reprodução.

É notória a forte ligação da inadequação das condições de saneamento básico com a contaminação das águas subterrâneas, sendo de extrema relevância o monitoramento da qualidade dessas águas, como forma de identificar e correlacionar as diversas fontes de contaminação, as implicações ambientais e de saúde das populações. Neste contexto, o saneamento básico deve compreender os serviços de abastecimento de água; de esgotamento sanitário; de limpeza pública e de coleta de lixo, desempenhando papéis fundamentais no que tange à gestão e conservação ambiental, em especial dos recursos hídricos, bem como, das condições que garantem níveis de qualidade ambiental e, conseqüentemente, relacionadas à qualidade de vida e ao bem estar social.

2.4. Impactos da Suinocultura

A suinocultura no Brasil é uma atividade importante do ponto de vista social e econômico, predominante em pequenas propriedades rurais. Dados do IBGE mostram que áreas menores que 200 ha representam 93,8% dos estabelecimentos agrícolas no país. A agricultura familiar é responsável por 59% da produção de suínos, constituindo uma importante fonte de renda e de estabilidade social (Jornada de Agroecologia, 2007). Os dejetos dos suínos até a década de 70 não constituíam fator preocupante, pois a concentração de animais era pequena. O desenvolvimento da suinocultura trouxe a produção de grandes quantidades de dejetos, que, pela falta de tratamento adequado, se transformou na maior fonte poluidora dos mananciais. Segundo Konzen (1983), o suíno adulto produz em média 0,27 m³ de dejetos líquidos por mês.

Para possibilitar o rápido ganho de peso dos suínos, é necessária uma ração igualmente nutritiva. No entanto, o aproveitamento desta não é integral, fazendo com que o dejetos contenha grande quantidade de nutrientes, principalmente nitrogenados e fosfatados, que não foram aproveitados. São estes nutrientes dispostos no ambiente que causam o desequilíbrio, e podem provocar doenças e desconforto humano.

Com o aumento da densidade populacional de suínos, houve, em consequência, um grande aumento no volume de dejetos produzidos por propriedade, os quais, inadequadamente remanejados, passaram a facilitar a proliferação de moscas e insetos, dificultando a vida do homem no campo e na cidade. Os dejetos servem também como substrato nutricional para as larvas e, em doses elevadas podem, pelo aumento da DBO, matar os peixes que constituem os principais predadores desses insetos.

Os dejetos gerados pela suinocultura causam impactos de contaminação ambiental, destacando-se a deterioração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. Levantamentos realizados mostraram que apenas 10 a 15% dos suinocultores possuem sistemas para o tratamento ou aproveitamento dos dejetos. A poluição do meio ambiente na região produtora de suínos é alta, pois enquanto para o esgoto doméstico a DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) é cerca de 200 mg/L, a DBO dos dejetos de suínos oscila entre 30.000 e 52.000 mg/L (OLIVEIRA, 1997).

A crescente tendência para a adoção de “Sistemas Confinados de Produção de Suínos”, tem produzido quantidades cada vez maiores de dejetos que, se não forem manejados convenientemente, tornam-se um poderoso poluidor ambiental. A inadequação dos “Sistemas de Manejo e Armazenamento” induz o seu lançamento no solo, em rios e cursos d’água naturais, que contaminados passam a ser fonte de infecção para as populações humana e animal (LINDNER, 1995). Justificadamente, a criação de suínos em confinamento é considerada, pelos órgãos de fiscalização ambiental, como de alto potencial poluidor.

O lançamento de grande quantidade de dejetos em rios e lagos tem provocado sérios desequilíbrios ecológicos e poluição, em função da redução do teor de oxigênio dissolvido na água, devido à alta DBO e da carga orgânica integrante (SOBESTIANSKY *et al.*, 1998). A redução do poder poluente a níveis aceitáveis, 40 mg/L de DBO, 15% de sólidos voláteis, e redução da taxa de coliformes a 1,0% (IMHOOFF, 1986), requer investimentos significativos, normalmente acima da capacidade do produtor, que na maioria das vezes não atendem as exigências da Saúde Pública e preservação do meio ambiente, lançando os dejetos nos cursos naturais de água. Assim, a quantidade de oxigênio disponível em um rio ou lago sofre grandes reduções com a introdução de matéria orgânica.

A suinocultura desenvolvida na Zona da Mata mineira é uma atividade de grande importância econômica e social para a região, especialmente como instrumento de fixação do homem no campo. A região deve passar por transformações socioeconômicas significativas, através da melhoria da sua infra-estrutura física, formação de mão-de-obra e diversificação de produtos para atender cada vez mais as demandas crescentes do mercado consumidor.

É importante ressaltar que a quantidade total de resíduos líquidos produzidos varia de acordo com o desenvolvimento ponderal dos animais, em cerca de 8,5 a 4,9% de seu peso vivo/dia, para a faixa de 15 a 100 kg (JELINEK, 1977). Um dos componentes que influi marcadamente na quantidade de dejetos líquidos é a produção de urina que, por sua vez, depende diretamente da ingestão de água. Em termos gerais, para cada litro de água ingerido por um suíno, resultam 0,6 litros de dejetos líquidos.

A produção de liquame deve ser assumida como sendo diretamente proporcional ao peso vivo do animal. A produção diária de resíduo líquido varia de um fator “K” vezes seu peso vivo, sendo $K = 3,6\%$ em caso de suínos e de $9,4\%$ para gado de leite (Taiganides, 1977 & Nacional Academy of Sciences, 1977). O volume total do liquame de um sistema de criação depende da quantidade de água desperdiçada pelos bebedouros, e do volume de água utilizado na higienização das edificações e dos animais. Outro fator importante é a precaução quanto à disposição do sistema de cobertura das instalações, mediante a devida captação das águas dos telhados, assim como as demais captações pluviais, separando-as dos resíduos gerados pelo manejo, e com destinação apropriada.

Os dejetos de suínos possuem bom potencial energético em termos de produção de biogás, porque mais que 70,0% dos sólidos totais são constituídos por sólidos voláteis, substrato das bactérias metanogênicas responsáveis pela produção de biogás (SOBESTIANSKY et al., 1998). Toda tecnologia que melhora a eficiência alimentar dos animais deve ser encarada como um fator para a redução da quantidade de dejetos produzidos. Da mesma forma, qualquer procedimento nutricional, assim como qualquer outra tecnologia que aumente a produtividade por matriz, acarreta menor quantidade de reprodutores para se obter um determinado volume de produção e, conseqüentemente, uma menor quantidade de dejetos produzidos.

Os organismos patogênicos são excretados através da urina e fezes, e por isso são encontrados nos resíduos dos animais. Mesmo quando estes resíduos são tratados através da remoção dos sólidos, aeração ou desidratação, os patógenos não conseguem ser erradicados (JORDÃO, 1995). Sendo assim, presume-se que, nos casos de infecção animal nos grandes sistemas de confinamento, grande número de patógenos seria eliminado nos rios. Por isso, o

despejo de efluentes animais não tratados em águas superficiais ou subterrâneas gera sérios riscos para as pessoas e animais que consomem estas águas ou com elas tem contato. Sendo assim, os resíduos devem passar por um controle de qualidade antes do uso ou lançamento em cursos d'água.

Alguns animais podem eliminar patógenos sem manifestar sintomas de infecção. Isto ocorre especificamente no caso da Salmonelose, que é uma doença encontrada nos animais, que pode variar em grau de gravidade; vai desde a gastroenterite leve até a septicemia, febre entérica, e meningite (BRANCO, 1978). Outros problemas provocados pelo despejo dos efluentes de animais em lagos e rios são as doenças causadas por coliformes. Alguns coliformes, como E. Coli manifestam certa patogenicidade nociva para pessoas adultas e animais, podendo ser fatal para as crianças.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A bacia do Córrego do Engenho foi escolhida para a realização desta pesquisa não apenas por sua importância para o abastecimento de água da cidade de Viçosa, Minas Gerais, mas, principalmente, pelo consumo humano de água captada em poços, sem tratamento, em sua própria comunidade rural. O trabalho desenvolveu-se nas seguintes etapas:

1ª Etapa:

Foram elaborados mapas de localização, do uso e ocupação do solo e do fluxo da água subterrânea, e o modelo digital de elevação da bacia. Esta parte do trabalho consistiu na aplicação de geotecnologias apropriadas para o mapeamento. A análise cartográfica foi desenvolvida com o emprego dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizando o ArcGis 9.2 e o ArcView 3.2.

Os SIG's representam uma ferramenta útil e valiosa em análises espaciais e de apoio ao processo de tomada de decisão referente ao planejamento regional e gerenciamento de recursos ambientais. De acordo com o Environmental Systems Research Institute - ESRI (1996), os SIG's consistem numa coleção de hardware, software, dados geográficos e pessoais, com o propósito de capturar, armazenar, atualizar, manipular, analisar e visualizar eficientemente todas as formas de informação geograficamente referenciadas.

Entre os materiais cartográficos utilizados destaca-se imagens orbitais de alta resolução do satélite IKONOS (2004 e 2007) contendo curvas de nível com equidistância de 5m e fotografias aéreas produzidas pelo Núcleo de Estudos sobre o Planejamento e Uso da Terra (NEPUT/DPS/UFV). Após a análise do material, foram realizados levantamentos de campo com o objetivo de confirmar e efetivar o reconhecimento da área pesquisada.

2ª Etapa:

Para investigar a realidade socioeconômica e ambiental em que estão inseridos os moradores da bacia do córrego do Engenho, foram feitas entrevistas semi-estruturadas de forma individual com representantes das famílias amostradas, na maioria delas com as mulheres.

Entrevistas semi-estruturadas são discussões informais baseadas em um roteiro básico que funciona como um fio condutor da entrevista, de forma que outras questões surgem, permitindo que o pesquisador faça as necessárias adaptações, auxiliando no entendimento da relação e criando uma interação entre o entrevistador e o entrevistado (VERDEIRO, 2006). A entrevista semi-estruturada é a base do levantamento de informações, estimula a espontaneidade e a participação (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 1982).

O roteiro (em anexo) constou de questões socioeconômicas e ambientais referentes à atividade agrícola, comercialização dos produtos, dificuldades encontradas, relação com a UFV, uso, quantidade e qualidade da água, sistema sanitário e incidência de sintomas de doenças de veiculação hídrica.

3ª Etapa:

Foram realizadas 4 campanhas, nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2008, para medição do nível do lençol freático e para coleta de água em 15 pontos: uma nascente, dois açudes, um córrego e onze poços freáticos.

A água dos poços foi coletada antes da entrada para a caixa d'água e antes de ser bombeada, mantendo o nível estático do lençol freático. Em campo, foram medidas a temperatura e o pH da água, ambos por meio do aparelho OAKTON WD-35630-69. As coletas, para as análises físico-químicas foram feitas em garrafas plásticas com capacidade de um litro, exceto para o OD, pois neste caso a água foi coletada diretamente nos frascos padrões de DBO. As amostras foram levadas para o Laboratório de Matéria Orgânica e Resíduos da UFV onde se realizaram as análises dos seguintes indicadores: DBO, OD, fosfato, nitrato, turbidez e sólidos totais. Já as coletas para as análises bacteriológicas de coliformes totais, fecais e *E. coli* foram feitas em frascos de vidro, previamente esterilizados, e acondicionados em caixa de material isotérmico contendo cubos de gelo, evitando contaminações, e conduzidos para o Laboratório de Controle da Qualidade da Água do Serviço de Tratamento de Água da UFV.

A metodologia de coleta, preservação das amostras e as análises físicas e químicas seguiram as orientações descritas pelos guias desenvolvidos pela CETESB (1998) e as recomendações do Standard Methods (APHA, AWWA, WEF, 1995). As análises bacteriológicas foram realizadas através da técnica de Tubos Múltiplos e os resultados expressos em Número Mais Provável (NMP).

Os resultados dos indicadores de qualidade da água analisados foram comparados com os VMP definidos pela Portaria 518/04 do Ministério da Saúde e pela Resolução 357/05 do CONAMA. Com base nesses indicadores foi calculado o índice de qualidade água (IQA) para cada ponto de coleta.

Os pontos de coleta foram georreferenciados com GPS. A altitude dos pontos de coleta e das fossas, assim como a distância entre eles também foram medidos com GPS. A precipitação mensal foi medida na Estação Meteorológica da UFV.

3.1. Localização da bacia do córrego do Engenho

A bacia hidrográfica do córrego do Engenho se localiza a 12 km da cidade de Viçosa, na Zona da Mata de Minas Gerais, e o acesso à área é feito seguindo para o município de Paula Cândido, pela rodovia MG-280. Juntamente com as sub-bacias do Paraíso e do Palmital forma uma das cabeceiras da bacia do ribeirão São Bartolomeu, que é responsável por 65% do abastecimento de água da cidade de Viçosa.

A bacia do ribeirão São Bartolomeu possui 4.378 ha (VILELA, 1998), sendo que 6,6% de sua área correspondem à bacia do córrego do Engenho que possui 289 ha, abriga dez de suas nascentes e constitui um de seus importantes mananciais superficiais. Além de ser também um importante manancial subterrâneo de água para consumo dos moradores de sua própria bacia. Por isso tão necessária quanto a avaliação quantitativa da água de uma manancial é sua avaliação qualitativa.

De acordo com o Serviço Autônomo de Água e Esgoto de Viçosa (SAAE), a vazão de seca do ribeirão São Bartolomeu representava uma produtividade de $6,28 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$, no início da década de 1960. Hoje, entretanto, tal produtividade de água não passa de $2,8 \text{ L.s}^{-1}.\text{km}^{-2}$, com uma redução maior que 50%, resultado da degradação dos sistemas hidrológicos da bacia nos últimos anos.

3.2. Clima, vegetação, solos e relevo

A bacia do córrego do Engenho possui relevo, solos e clima representativos da região.

A região possui clima mesotérmico de altitude, quente-temperado, chuvoso (Cwb) segundo Köppen. A temperatura média anual é superior a 22°C no mês mais quente e inferior a 18°C no mês mais frio. A umidade relativa do ar apresenta média anual de 78% e a média anual de precipitação está na faixa de 1.200 mm a 1.400 mm (DNM, 1992). Trata-se de uma área cujo déficit hídrico se dá nos meses de inverno.

A vegetação original encontra-se em pequenos fragmentos florestais e caracteriza-se como Floresta Estacional Semidecidual, Domínio da Mata Atlântica.

Na bacia do córrego do Engenho predominam os solos das classes Latossolo e Argissolo, ambos Vermelho-Amarelos.

A bacia encontra-se inserida no Domínio Morfoclimático Mar de Morros descrito por Ab'Saber (1970) como um meio físico e paisagístico bastante complexo, pelos solos muito intemperizados e de baixa fertilidade natural.

O relevo da região varia de ondulado a montanhoso, formando diferentes ambientes, geralmente numa sequência assimétrica côncava-convexa-topo e parte íngreme das vertentes, acima dos terraços fluviais, conforme ilustrado na figura 1.

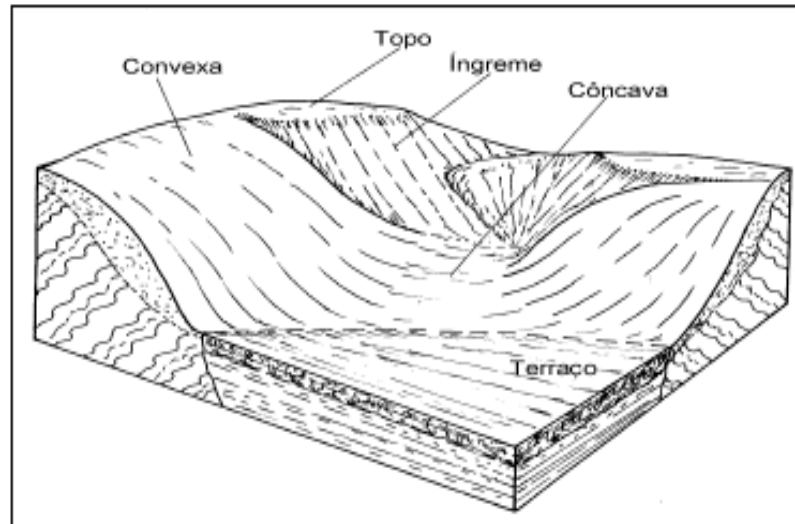


Figura 1 - Bloco diagrama do Planalto de Viçosa, mostrando os diferentes ambientes. Fonte: Rezende, 1971.

A figura 2 mostra o limite da bacia do Córrego do Engenho, apresentando elevação máxima na cota de 890 m representada pela cor branca e mínima na cota de 700 m representada pela cor verde escuro.

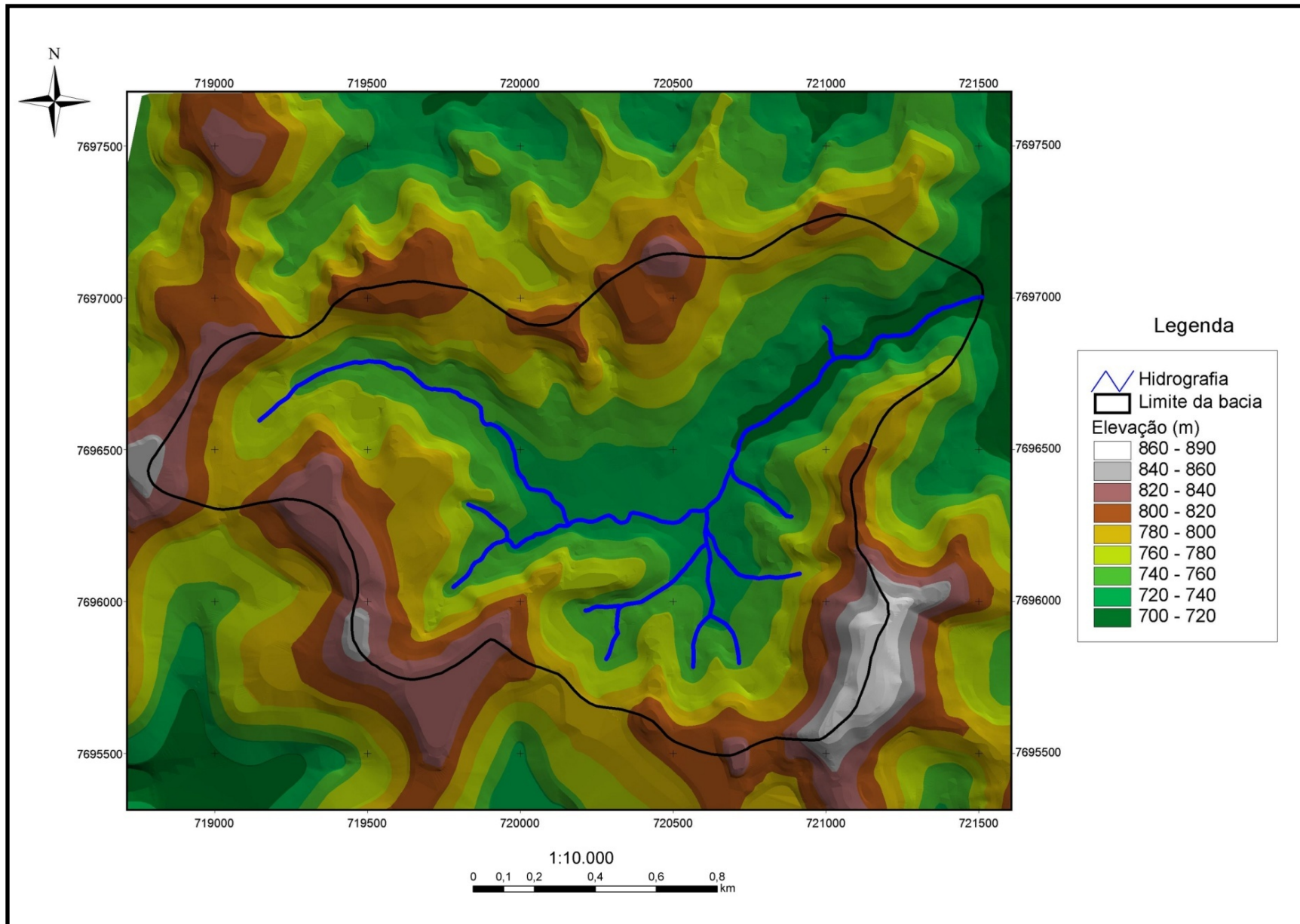


Figura 2 - Modelo digital de elevação da bacia do Córrego do Engenho.

3.3. Determinação do Coeficiente de Permeabilidade do Solo

A permeabilidade do solo pode ser definida como a maior ou menor facilidade que os solos oferecem à passagem de água. A permeabilidade é influenciada pelo tamanho e arranjo das partículas, e pela sua porosidade (ALONSO, 1999). Portanto, é importante em trabalhos que analisam o movimento da água no solo.

Neste sentido, foram realizados seis ensaios de permeabilidade dos solos de ambientes representativos da bacia, próximos aos poços de captação de água pela população, considerando o uso e a cobertura do solo no entorno.

Foram feitos furos de sondagem para obter o coeficiente de permeabilidade do solo, por meio de medidas de sua absorção de água introduzida, em determinados intervalos de tempo, com pressão exercida pela carga hidráulica; como a altitude dessa carga varia ao longo do tempo, denomina-se ensaio de carga variável.

Os furos foram feitos nas cotas de 2 m de profundidade, medidos a partir da cota da superficial (Figura 3). Os ensaios apresentaram as seguintes características:

- Altura inicial da carga hidráulica: aproximadamente 100 cm;
- Diâmetro médio do furo de sondagem de ensaio: 63,5 mm.



Figura 3 – Ensaio de permeabilidade, com destaque para a cota superficial apontada.

3.4. Cálculo do Índice de Qualidade da Água

A partir de um estudo realizado pela “National Sanitation Foundation” dos EUA, sistemas brasileiros de abastecimento de água, como a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental de São Paulo (CETESB) e a Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), adaptaram e desenvolveram o IQA – Índice de Qualidade da Água que

incorpora nove variáveis consideradas relevantes para a avaliação da qualidade da água, tendo como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas.

A criação do IQA baseou-se numa pesquisa de opinião junto a especialistas em qualidade da água, que indicaram as variáveis a serem avaliadas, o peso relativo e a condição com que se apresentam cada uma, segundo uma escala de valores. Das 35 variáveis indicadoras de qualidade de água inicialmente propostas, somente nove foram selecionadas.

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades da água correspondente aos indicadores que o integram: temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, nitrato, fosfato, sólidos totais e turbidez.

A seguinte fórmula é utilizada:

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i}$$

em que:

IQA: Índice de Qualidade da Água, um número entre 0 e 100;

q_i : qualidade do i -ésimo indicador, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de sua concentração ou medida e,

w_i : peso correspondente ao i -ésimo indicador, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade, sendo que:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

em que:

n : número de indicadores que entram no cálculo do IQA.

Tanto a CETESB quanto a COPASA consideram os coliformes fecais como a variável de maior peso. No caso de não se dispor do valor de algum dos 9 parâmetros, o cálculo do IQA é inviabilizado.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, variando numa escala de 0 a 100. Sendo que as companhias de saneamento que utilizam o IQA consideram as categorias ruim e péssima são consideradas impróprias para o tratamento convencional.

Professores do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV desenvolveram um software para o cálculo do IQA e sua interface está apresentada na figura 4, juntamente com os “edits” (objeto de entrada de dados) de cada indicador e o botão operacional “calcular”.

Após a digitação dos dados, clica-se neste botão para a obtenção do valor do IQA e a classificação da categoria de qualidade da amostra.

The screenshot shows a software window titled "IQA - Índice de Qualidade de Água". The window has a menu bar with "Análise", "Relatório", and "Ajuda". Below the menu bar are three tabs: "Laboratório", "Amostra", and "IQA". The main area contains several input fields for water quality parameters: Coliformes fecais, pH, DBO, Nitrato, Fosfato total, Variação na temperatura, Oxigênio dissolvido (PSO), Turbidez, and Sólidos totais. At the bottom, there is a "Calcular" button and two empty output boxes.

Figura 4 – Página inicial do software para cálculo do IQA. Fonte: Matos et al. (2003).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Uso e ocupação do solo na bacia do Córrego do Engenho

A bacia do Córrego do Engenho recebeu este nome devido ao antigo Engenho localizado na propriedade do Sr. Benevenuto, desativado em 1997, após seu falecimento. Desde as primeiras ocupações da região, em meados do século XVIII, a cana de açúcar foi cultivada nos terraços, e os engenhos disseminados, tradicionalmente para a produção de cachaça e rapadura.

No século XIX, de modo não diferente ao que ocorreu no restante da bacia do ribeirão São Bartolomeu e em toda região, pesquisada por Dean (1996), a bacia do Córrego do Engenho experimentou um intenso processo de substituição de sua cobertura vegetal nativa pelas lavouras de café nas encostas, interrompendo a eficiente ciclagem de nutrientes observada no sistema florestal por práticas que submetem o solo a um intenso processo de degradação e de contaminação.

Com a decadência da cafeicultura no início do século XX a agricultura gradativamente foi redirecionada para a diversificação da produção agrícola e houve a disseminação da pecuária (VALVERDE, 1958). A estrutura agrária da região passou a ser amplamente dominada por pequenas propriedades, em decorrência do parcelamento da terra por herança familiar. Uma alternativa de renda para muitos agricultores, presente até os dias atuais, é a prática da olericultura, na qual os produtos são comercializados na feira realizada na cidade de Viçosa desde 1972. No entanto, as olerícolas apresentam alta suscetibilidade ao ataque de pragas e patógenos, levando a utilização de agrotóxicos pelos agricultores. A toxicidade destes produtos torna-os eficientes para o controle dessas pragas, doenças e ervas daninhas na agricultura, mas também trazem efeitos negativos para a qualidade ambiental. Outra característica dessa atividade agrícola é o uso intensivo da água, pela necessidade diária de irrigação, muitas vezes ocasionando o transporte dos agrotóxicos para os corpos d'água.

Já no século XXI houve um aumento expressivo da área antropizada na bacia, principalmente ao longo dos cursos d'água. No levantamento do uso e ocupação do solo realizado em dezembro de 2008 na bacia do Córrego do Engenho, comparativamente com a imagem IKONOS de 2007 (Figura 5), foi constatado que em um ano foram construídas nove casas e uma igreja.

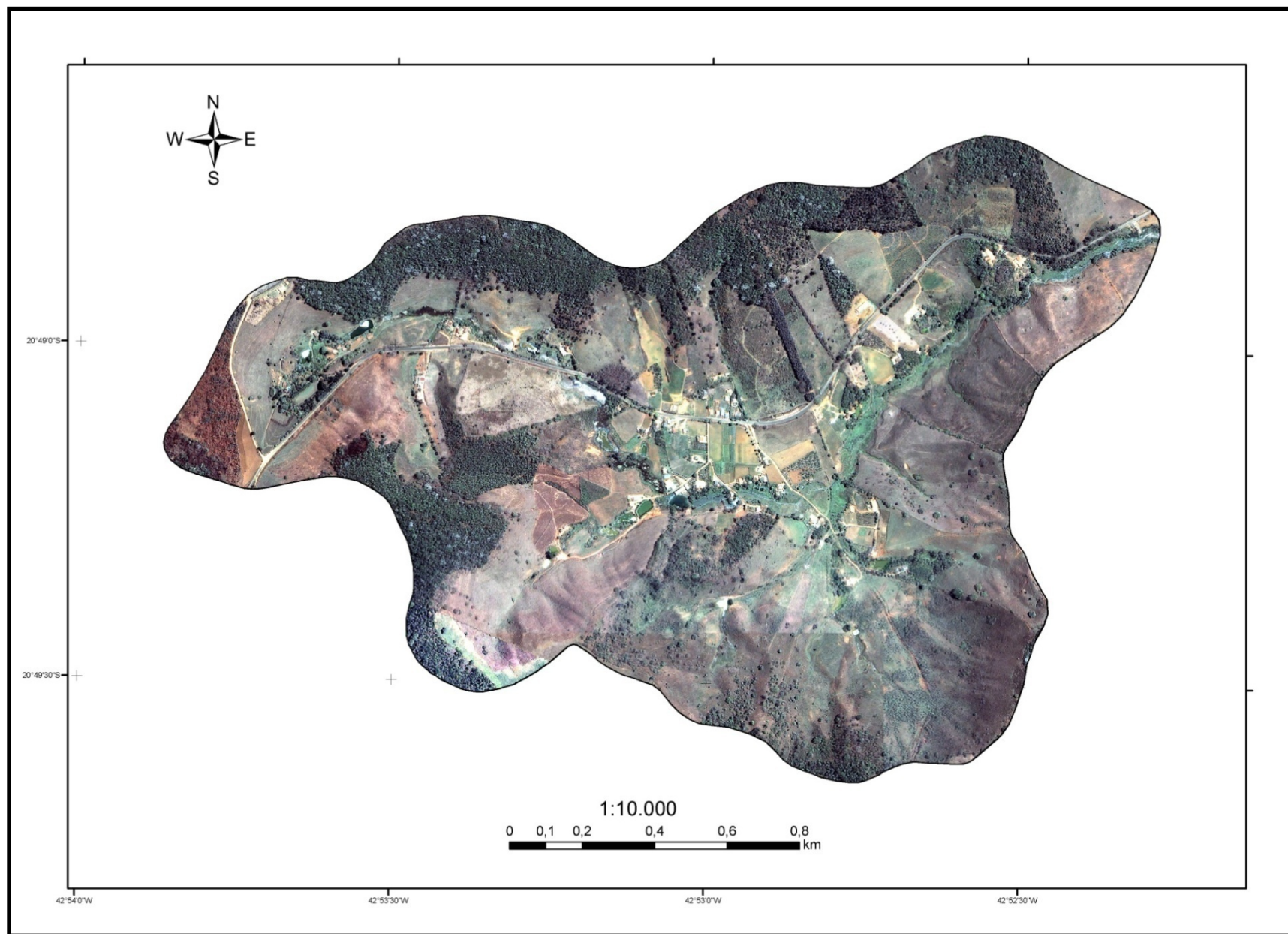


Figura 5 - Imagem IKONOS 2007 da bacia do Córrego do Engenho.

A ocupação da bacia do Córrego do Engenho é constituída por 22 propriedades de agricultores familiares e outras 36 propriedades. Dentre essas, a maioria dos proprietários mora na comunidade e trabalha na cidade e os demais moram na cidade, mas passam os finais de semana em suas chácaras, com o objetivo de descanso e lazer. Em decorrência do desenvolvimento local, em que a ocupação vem crescendo de forma acelerada, cresce também a produção de resíduos sólidos e a quantidade de fossas, que concentradas num mesmo local e em locais não apropriados, gera contaminação dos cursos d'água deste importante manancial (Figura 6).



Figura 6 – Parte da ocupação da bacia do Córrego do Engenho e alerta do SAAE para área de manancial.

Na busca de fontes pontuais de contaminação da água, é notória a expansão de uma pocilga, construída em 1984, visualizada nas fotos abaixo (Figura 7).



Figura 7 – Diferentes instalações da pocilga.

As instalações da suinocultura ficam 500 m a jusante de uma das nascentes e a montante da maioria das moradias. Esta atividade mereceu destaque na pesquisa uma vez que despeja todos os resíduos diretamente no açude, como observado nas fotos abaixo (Figura 8).



Figura 8 – Encanamento do esgoto da pocilga e seu despejo no açude.

Quando se relaciona o uso do solo à paisagem, os ambientes de uso mais intensivo na agricultura são os de declividade baixa, terraços e leitos maiores, onde se encaixam cursos d'água e, de acordo com o Código Florestal, deveriam abrigar as matas ciliares. O tipo de solo predominante é o Argissolo. A atividade agrícola durante os 6 meses mais secos do ano nesse ambiente é a olericultura, com destaque para o plantio de tomate (Figura 9). E nos 6 meses mais chuvosos, o cultivo de milho e feijão nos mesmos terraços (Figura 10). Também nos terraços são encontrados resquícios de cana de açúcar.



Figura 9 – Utilização dos terraços para cultivo de olerícolas no período seco.



Figura 10 – Mosaico do cultivo de milho (fase final) na maior área de terraço da bacia.

Os fundos das grotas (geoformas côncavas) são considerados ambientes receptores e conservadores, e são usados pelos agricultores na fruticultura, com destaque para os bananais (Figura 11). Esses ambientes servem como alternativa na produção de olerícolas durante o período chuvoso, pois o solo das baixadas ficam inviabilizados por encharcamento.



Figura 11 – Utilização das grotas para cultivo de banana e preparo do solo para plantio de tomate.

O contato entre o terraço e a encosta, em alguns casos é abrupto e em outros, mais suave. Nos casos em que o contato é suave a geoforma é tipicamente convexo-convexa com predomínio dos Latossolos. Esses ambientes foram muito explorados no passado pelas lavouras de café, que hoje são pouco expressivas, dando lugar às pastagens, e em alguns casos a plantios de eucaliptos (Figura 12).



Figura 12 – Cafezais nas encostas suaves e plantio de eucalipto nos topos dos morros.

Os ambientes dos topos e encostas mais íngremes dificultam muito sua utilização agrícola, normalmente são mantidas como áreas de preservação permanente ou áreas de pastagens, em alguns casos degradadas.

Portanto, destacam-se na bacia as culturas anuais de milho, feijão e olerícolas, principalmente tomate, representadas no mapa de uso do solo (Figura 13) pela cor amarela. Os cafezais, representados pela cor rosa e os bananais, representados pela cor lilás, são pouco expressivos. Predominam na bacia as áreas de pastagens, representadas pela cor laranja, gerando um conjunto de problemas ambientais, como: extinção de várias espécies da fauna e flora, mudanças climáticas locais, erosão do solo, eutrofização e assoreamento dos cursos de água. Foi constatado ainda que 70% das nascentes da bacia estão localizadas em áreas de pastagem.

Classes	Área (ha)	%
Pastagem	135	46,7
Mata secundária	67	23,1
Culturas anuais	31	10,7
Eucalipto	20	6,9
Cafezal	13	4,5
Brejo	11	3,8
Capoeira	8	2,7
Bananal	4	1,3
Total	289	100

Tabela 1 – Classificação do uso do solo na bacia do córrego do Engenho.

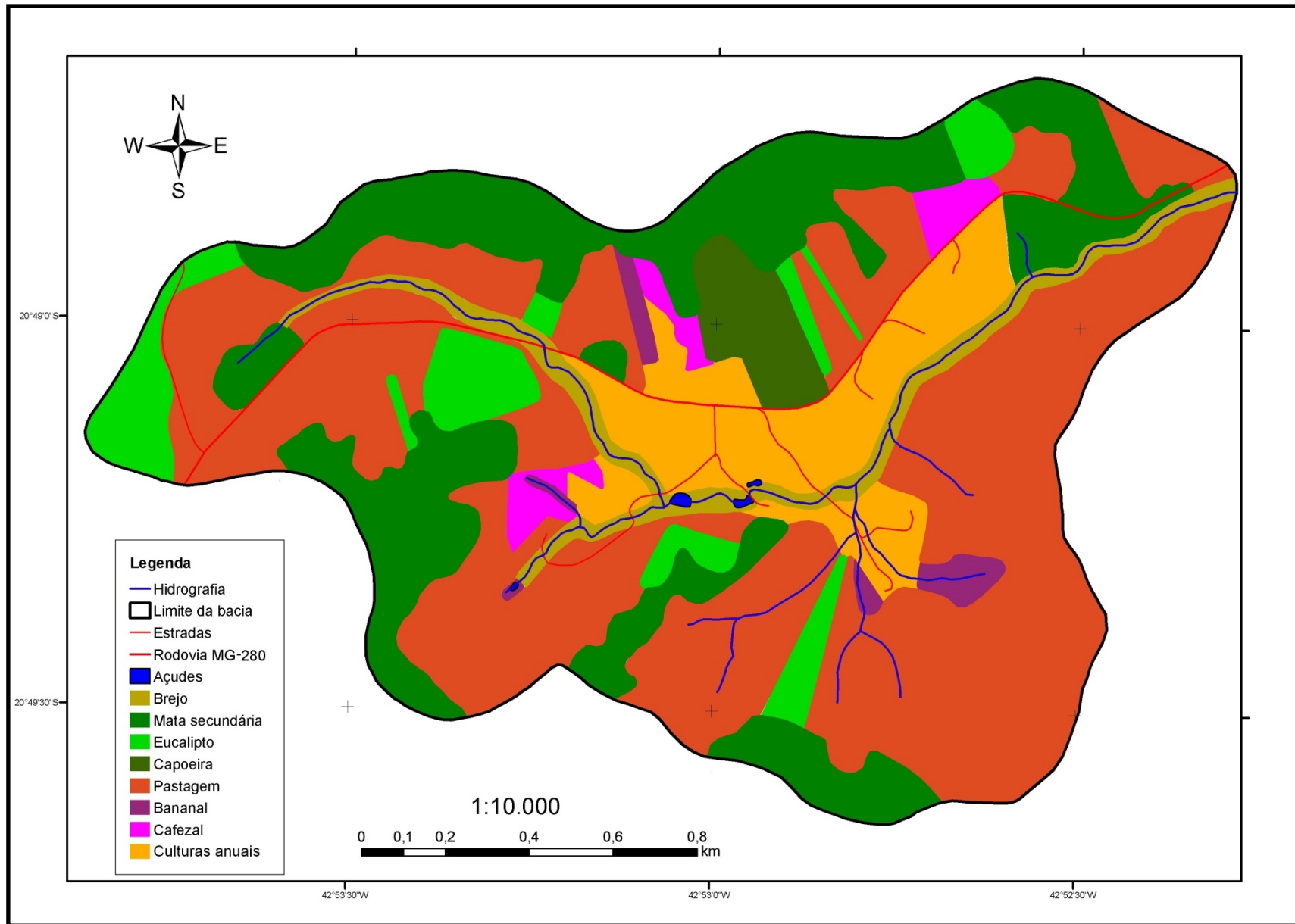


Figura 13 - Mapa de uso do solo da bacia do Córrego do Engenho.

4.2. Realidade socioeconômica e ambiental

A população amostrada constitui-se de 15 famílias que moram na Comunidade do Córrego do Engenho no total de 51 pessoas, sendo 13 crianças, 5 adolescentes, 31 adultos e 2 idosos, que consomem água diretamente de 11 poços freáticos.

Família

Foi constatado que 80% das famílias entrevistadas trabalham na agricultura, correspondente a 12 famílias, 2 famílias trabalham na cidade e 1 família trabalha no comércio na própria comunidade. Do total de famílias, 80% é composta por um casal e tem entre 1 a 3 filhos. Todos os filhos em idade escolar frequentam escolas da cidade porque a comunidade não possui escola e a prefeitura concede um ônibus para o transporte das crianças até a escola mais próxima.

Do total de agricultores, 50% trabalham com esposas, 41,66% trabalham sozinhos e 8,33% trabalham com filhos. 33,33% fazem algum tipo de parceria familiar ou com vizinhos. Todos os agricultores nasceram no local onde moram e trabalham, revelando uma relação afetiva com o local.

Disponibilidade de terra

A maioria das propriedades é considerada minifúndios, atrelado principalmente à agricultura de subsistência e, em geral, o tamanho varia entre 1 a 15 hectares, sendo que eram terrenos maiores que foram herdados e divididos pelo total de filhos, ficando uma pequena parte pra cada. Mesmo com pouca disponibilidade de terra, os agricultores que cultivam olerícolas afirmaram ser o tamanho ideal, pois dependem de pouco espaço e muita mão-de-obra.

Comercialização

Do total de agricultores, 50% são feirantes entre 8 e 37 anos, alguns desde o surgimento da feira. Todos os agricultores feirantes afirmaram que os familiares ajudam a vender os produtos na feira e vendem produtos de olericultura em geral, variando os produtos de acordo com a época do ano e também de acordo com o excedente do consumo familiar.

Do total de agricultores feirantes, 83,33% comercializam somente na feira devido ao alto custo e o tempo de sair pra entregar, e os demais vendem também pra mercados, restaurantes e condomínios. Nenhum agrega valor aos produtos.

Assistência técnica

Do total de agricultores, 75% afirmaram nunca ter recebido nenhum tipo de assistência técnica e 25% já tiveram assistência da EMATER ou da EPAMIG, mas mencionaram a falta

de frequência desses órgãos. Apenas 8,33% do total de agricultores, já fizeram análise de solo de sua propriedade.

Formas de produção

Do total de agricultores, 83,33% pagam trator pra arar o solo; 16,66% contratam mão-de-obra. Todos os agricultores usam adubo químico e pelo menos um tipo de agrotóxico; 33,33% usam adubo orgânico, mesmo que em pequena quantidade; e 66,66% fazem calagem no solo. Todos os agricultores compram sementes.

Economia

Do total de agricultores, 41,66% usam crédito do PRONAF, os demais não usam devido à burocracia exigida pelos bancos; 25% fazem empréstimos com conhecidos.

Dificuldades

Foram apresentadas variadas dificuldades pelos agricultores, tanto pra plantar quanto para vender os produtos. 33,33% dos agricultores destacaram a dificuldade no plantio, devido ao cansaço provocado por trabalhar sozinho. 83,33% mencionaram o alto custo de insumos para ter uma boa produção. 66,66% dos agricultores feirantes citaram a concorrência como maior dificuldade para vender e 25% afirmaram ser o meio de transporte o maior desafio que enfrentam.

Relação com a UFV

Do total de agricultores, 75% afirmaram que a UFV não contribui em nada com os pequenos agricultores, 16,66% responderam que contribui indiretamente por meio dos estudantes que compram na feira e 8,33% disseram que contribui diretamente porque já participaram de cursos oferecidos.

Do total de agricultores, apenas 8,33% já participaram efetivamente da Semana do Fazendeiro, sendo que 41,66% só foram para os shows oferecidos a noite e os demais não participaram, alguns por falta de recurso, outros por falta de interesse.

Sistema Sanitário

Foi constatado que 91,66% das famílias entrevistadas possuem fossas na propriedade, sendo a mais antiga construída há 8 anos e a mais recente há um ano, todas construídas pelo SAAE, que também é responsável pela limpeza das mesmas, que ocorre em média de 2 em 2 anos.

Água

Todas as famílias entrevistadas utilizam a água dos poços, sem qualquer tratamento, para o abastecimento doméstico, irrigação, dessedentação de animais e diluição de despejos domésticos. Foi constatado ainda que 41,66% dos agricultores utilizam também a água

superficial de açudes para a irrigação, dessedentação de animais e diluição de despejos de animais.

Em relação à disponibilidade da água dos poços, 33,33% das famílias disseram que a água diminui na época de seca e o restante afirmou que tem em fartura o ano todo. Em relação à qualidade da água dos poços, todas as famílias entrevistadas afirmaram que a qualidade é boa ou ótima, pois é cristalina. Devido a essa percepção, 25% das famílias não possuem filtro em casa. Foi constatado ainda que nenhuma família nunca fez análise de qualidade da água que consome e utiliza.

Sintomas de doenças de veiculação hídrica

Em 66,66% das famílias entrevistadas, pelo menos um membro apresentou algum tipo de sintoma comum das doenças de veiculação hídrica, como gastroenterites, causadas por bactérias, principalmente pela *Escherichia coli* (OMS, 1995), considerada o mais específico indicador de contaminação fecal das águas. Nos adultos, a infecção geralmente não é grave, mas nas crianças e bebês a infecção requer, com frequência, hospitalização e, em alguns casos, coloca a vida em risco.

Nos dois últimos anos foram constatados 8 casos de incidência de sintomas de gastroenterites em crianças, apresentando vômitos e diarreia, levando à desidratação, com relatos de quatro internações.

4.3. Permeabilidade do solo

Foram realizados seis ensaios de permeabilidade dos solos de ambientes representativos da bacia, próximos aos poços de captação de água pela população. Os valores obtidos do coeficiente de permeabilidade “k” são mostrados na tabela 2:

Referência do Permeâmetro	Valor final da permeabilidade k (cm/s)
01	1,60 E-4
02	1,00 E-4
03	5,92 E-5
04	5,04 E-5
05	2,99 E-5
06	1,48 E-5

Tabela 2 – Coeficientes de permeabilidade dos solos da bacia do Córrego do Engenho.

A tabela 3 descreve qualitativa e quantitativamente as características de drenabilidade dos solos, destacando-se o valor médio de estabilização, calculado a partir dos valores determinados nos ensaios. Foi constatado que a variação dos valores do coeficiente de permeabilidade dos solos pesquisados situa-se na faixa entre 10^{-4} cm/s a 10^{-5} cm/s, classificada como de drenagem boa a ruim.

PERMEABILIDADE k (cm/s)	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
DRENAGEM	Boa						Ruim		Praticamente impermeável		

Tabela 3 - Características de drenabilidade dos solos. Fonte: DEC, UFV.

Os solos dos dois primeiros ensaios foram os únicos considerados de drenagem boa. Os furos foram feitos em dois pontos em encostas convexas, em Latossolos, onde o manto de intemperismo é profundo. Estes pontos apresentaram os maiores coeficientes de permeabilidade. Devido à maior altitude de localização, apresentaram também os níveis mais profundos do lençol freático comparativamente com os demais. O primeiro (Figura 14) localiza-se próximo a uma plantação de tomate, a 748 m de altitude. O segundo (Figura 14) localiza-se próximo a uma plantação de cana, a 744 m de altitude.

Foi constatado que no entorno destes pontos é mantida área de preservação permanente. Essa cobertura vegetal provavelmente exerce influências positivas na capacidade de infiltração dos solos e consequente recarga do lençol freático.



Figura 14 – 1º e 2º ensaios de permeabilidade dos solos.

Os furos correspondentes ao terceiro e ao quarto ensaio foram realizados em dois pontos entre o terraço e a encosta, também em Latossolos. No entanto, a drenagem dos solos nestes pontos foi considerada ruim, devido, possivelmente ao elevado grau de compactação superficial desses solos que possuem histórico de uso intensivo na bacia pesquisada, contribuindo pouco para a recarga do lençol freático. O terceiro (Figura 15) localiza-se próximo a outra plantação de cana, a 740 m de altitude. O quarto (Figura 15) localiza-se próximo a uma horta, a 738 m de altitude.



Figura 15 – 3º e 4º ensaios de permeabilidade dos solos.

Os solos dos dois últimos ensaios também foram considerados de drenagem ruim. Os furos foram feitos em dois pontos em terraços, em Argissolos, onde o acúmulo de argila no horizonte B torna estes solos menos permeáveis. Estes pontos apresentaram os menores coeficientes de permeabilidade. Devido à baixa altitude de localização, estes pontos apresentaram os níveis mais elevados do lençol freático comparativamente com os demais. O quinto (Figura 16) localiza-se próximo a outra plantação de tomate, a 734 m de altitude. O sexto (Figura 16) localiza-se próximo a outra horta, a 733 m de altitude.



Figura 16 – 5º e 6º ensaios de permeabilidade dos solos.

4.4. Caracterização dos pontos de coleta de água

Todos os poços da bacia captam água do aquífero livre, aquele no qual o lençol freático se comunica livremente com as camadas superiores e com a atmosfera, sendo mais vulneráveis à contaminação devido ao rápido acesso dos fluidos de superfície. Estes poços são denominados poços freáticos (Figura 17), diferentemente dos poços artesianos que captam água do aquífero confinado por camadas impermeáveis.

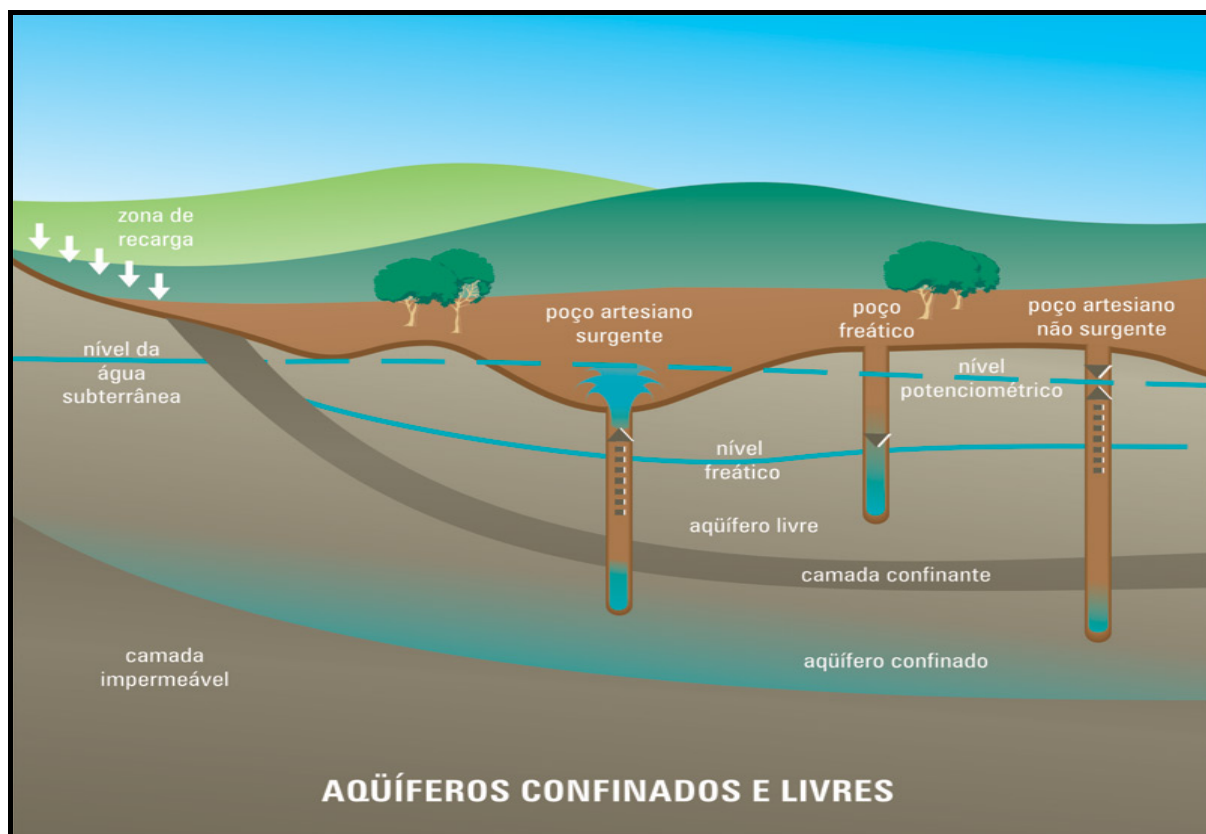


Figura 17 - Tipos de aquíferos e de poços. Fonte: Karmann (2003).

Há muitas formas de classificar os poços, usamos neste trabalho uma classificação baseada em sua profundidade, pois a mesma determina o método de construção, além de ser um fator importante nas considerações sobre poluição da água subterrânea.

Os poços freáticos utilizados na bacia do Córrego do Engenho são do tipo tubular ou escavado (Figura 18), ambos utilizam sistema de bombeamento para a caixa d'água. Os poços tubulares são os mais profundos, aqueles onde a perfuração é feita por meio de máquinas perfuratrizes à percussão, rotativas e rotopneumáticas, possuem no máximo 50 cm de diâmetro e são revestidos com canos de ferro ou de plástico, são também popularmente conhecidos como poços semi-artesianos.

Já os poços escavados são os mais utilizados pela população rural brasileira e a mais antiga forma de exploração da água subterrânea. São poços cilíndricos, a maioria escavado manualmente, com o uso de picareta, pá e outros instrumentos, são revestidos de anéis de concreto armado, possuem o diâmetro em média de 1,50 m, são mais rasos e muito susceptíveis à poluição por captarem água da parte superficial do aquífero livre, estes poços são popularmente conhecidos como cisternas ou cacimbas.

É importante ressaltar que dentre os poços pesquisados, os tubulares são os construídos mais recentemente, tendo 8 anos o mais antigo (construído na mesma época da

primeira fossa) e 2 anos o mais novo. Já os poços escavados datam de 48 anos o mais antigo e 16 anos o mais novo. Antes da construção dos poços tubulares a população captava água de poços escavados.



Figura 18 - Poços do tipo tubular e escavado utilizados para a captação de água na bacia do córrego do Engenho.

O critério utilizado para a escolha dos pontos de coleta de água foi a possível contaminação dos mananciais (superficiais e freáticos), principalmente por esgotos domésticos e dejetos da suinocultura. A água foi coletada seguindo uma sequência da nascente como ponto inicial até um ponto do córrego do Engenho, localizado depois da concentração das moradias, como ponto final, entre eles onze poços freáticos e dois açudes. Do total de quinze pontos amostrados, quatro são superficiais e onze subterrâneos, visualizados na figura 19.

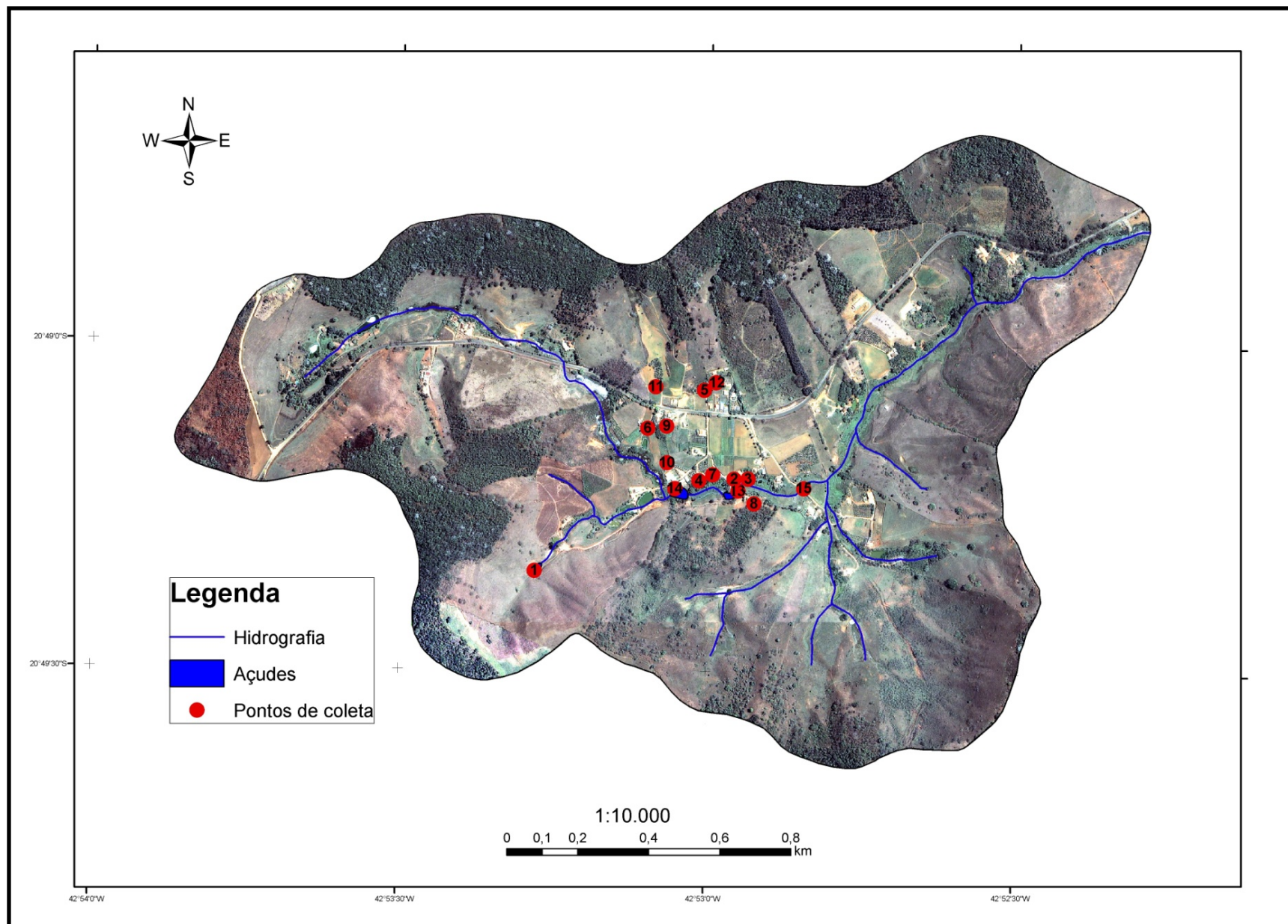


Figura 19 - Mapa de localização dos pontos de coleta de água.

A seguir, a descrição da localização de cada ponto de coleta, assim como características das famílias que consomem a água, a distância e a relação do nível entre os poços e as fossas, e o estado de conservação dos poços.

O ponto 1 (P1) corresponde à nascente, rodeada por bananeiras, porém no meio de uma pastagem e sem proteção (Figura 20). Não é captada e consumida água dessa nascente, no entanto, devido à dinâmica da água na bacia é importante a análise de sua qualidade, uma vez que ela deveria servir como referência de água potável.



Figura 20 - Ponto de coleta 1 – Nascente.

O ponto 2 (P2) corresponde ao poço escavado I que abastece uma família de quatro pessoas, composta por pai, mãe e duas filhas crianças. Está localizado no mesmo nível do açude, indicado pela seta na foto (Figura 21), em uma área abaixo da fossa e a uma distância inferior a 15 m da mesma. Um telhado, com intuito de proteção, foi construído sobre o poço, no entanto seu proprietário afirmou que não sabia da existência do lençol freático, para ele a contaminação vem apenas por cima da terra, mesmo percebendo que a qualidade da água do açude próximo é ruim. Foi constatado que essa família não possui filtro de água em casa.



Figura 21 - Ponto de coleta 2 - Poço Escavado I.

O ponto 3 (P3) corresponde ao poço escavado II que abastece uma família de seis pessoas, composta por avô, pai, mãe e três filhos, sendo duas crianças e um adolescente. Está localizado próximo ao P2, praticamente no brejo, indicado pela seta na foto (Figura 22), em uma área também abaixo da fossa, e também a uma distância inferior a 15 m da mesma. Durante a primeira campanha o poço estava destampado, ao tentar fechá-lo foi possível perceber que a tampa (um pedaço de telha) não é funcional. Foi constatado que essa família também não possui filtro de água em casa.



Figura 22 - Ponto de coleta 3 - Poço Escavado II.

O ponto 4 (P4) (Figura 23) corresponde ao poço escavado III que abastece uma família de quatro pessoas, composta por avó, pai, mãe e um filho criança. É o ponto localizado mais próximo às instalações da suinocultura, praticamente no mesmo nível do açude onde ocorre seu despejo, em uma área nivelada com a fossa (que está localizada na horta), e também a uma distância inferior a 15 m da mesma.



Figura 23 - Ponto de coleta 4 - Poço Escavado III.

O ponto 5 (P5) corresponde ao poço escavado IV que abastece uma família de três pessoas, composta por pai, mãe e um filho adulto. Está localizado distante dos cursos d'água em uma altitude mais elevada, a fossa está bem posicionada a um nível inferior ao poço e a mais de 15 m de distância do mesmo. No entanto, foi constatado um canil com seis cachorros a menos de 5 m do poço e a proprietária informou que o canil é lavado toda semana e escorre água na direção do poço que é construído diretamente no chão conforme visualizado na foto (Figura 24). Trata-se do poço escavado mais novo dentre os pesquisados na bacia, construído há 16 anos.



Figura 24 - Ponto de coleta 5 - Poço Escavado IV.

O ponto 6 (P6) (Figura 25) corresponde ao poço escavado V que abastece uma família de duas pessoas, composta por dois irmãos adultos. Também está localizado distante dos cursos d'água em uma altitude mais elevada, bem posicionado em relação a sua fossa, porém próximo às duas fossas dos vizinhos, a menos de 15 m de distância das mesmas e no mesmo nível delas. É importante ressaltar que se trata do poço escavado mais antigo dentre os pesquisados na bacia, construído há 48 anos. Foi constatado que essa família também não possui filtro de água em casa.



Figura 25 - Ponto de coleta 6 - Poço Escavado V.

O ponto 7 (P7) (Figura 26) corresponde ao poço tubular I que abastece uma família de duas pessoas, composta por tia e sobrinha adultas. Está localizado próximo ao curso d'água, mas não exatamente no mesmo nível deste; a fossa está bem posicionada, a um nível inferior ao poço, porém a menos de 15 m de distância do mesmo.



Figura 26 - Ponto de coleta 7 - Poço Tubular I.

O ponto 8 (P8) (Figura 27) corresponde ao poço tubular II que abastece uma família de cinco pessoas, composta por pai, mãe e três filhos adultos. Está localizado próximo ao curso d'água, porém em uma altitude bem mais elevada, a fossa está bem posicionada a um nível inferior ao poço e a mais de 15 m de distância do mesmo.



Figura 27 - Ponto de coleta 8 - Poço Tubular II.

O ponto 9 (P9) corresponde ao poço tubular III que abastece duas famílias, uma de quatro pessoas, composta por pai, mãe e duas filhas crianças, e a outra família de duas pessoas, composta por mãe e um filho criança. Está localizado distante dos cursos d'água em uma altitude mais elevada, próximo ao P6, bem posicionado em relação a sua fossa, porém

próximo à fossa do vizinho a menos de 15 m de distância da mesma e no mesmo nível dela. No entanto o estado de conservação aparente do poço é ruim, com muitos entulhos por cima, conforme visualizado na foto abaixo (Figura 28). Trata-se do poço tubular mais antigo dentre os pesquisados na bacia, construído há 8 anos, na mesma época da primeira fossa.



Figura 28 - Ponto de coleta 9 - Poço Tubular III.

O ponto 10 (P10) corresponde ao poço tubular IV que abastece uma família de quatro pessoas, composta por pai, mãe e dois filhos crianças. Está localizado próximo ao curso d'água, porém em uma altitude mais elevada, não possui fossa (Figura 29). Trata-se da residência do proprietário da pocilga.



Figura 29 - Ponto de coleta 10 - Poço Tubular IV.

O ponto 11 (P11) corresponde ao poço tubular V que abastece uma família de três pessoas, composta por pai, mãe e uma filha adolescente. Está localizado distante dos cursos d'água, em uma altitude mais elevada, a fossa está bem posicionada, a um nível inferior ao

poço e a mais de 15 m de distância do mesmo (Figura 30). Trata-se do poço tubular mais novo dentre os pesquisados na bacia, construído há 2 anos.



Figura 30 - Ponto de coleta 11 - Poço Tubular V.

O ponto 12 (P12) corresponde ao poço tubular VI que abastece quatro famílias. A primeira de três pessoas, composta por pai, mãe e uma filha criança; a segunda família de duas pessoas, composta por marido e esposa; a terceira família de quatro pessoas, composta por mãe e três filhos, sendo uma criança e dois adolescentes; e a quarta família de três pessoas, composta por pai, mãe e uma filha criança. O poço está localizado distante dos cursos d'água, em uma altitude mais elevada, as fossas de todas essas residências estão interligadas e bem posicionadas a um nível inferior ao poço e a mais de 15 m de distância do mesmo (Figura 31). No entanto o esgoto da área de serviço, juntamente com a caixa de gordura, de uma das casas abastecidas, é despejado diretamente na área onde se encontra o poço.



Figura 31- Ponto de coleta 12 - Poço Tubular VI.

O ponto 13 (P13) corresponde ao açude I utilizado para irrigação (Figura 32) de olerícolas cultivadas no terraço próximo. Ele está diretamente ligado ao açude II, apresentando-se fortemente eutrofizado no período seco (Figura 33).



Figura 32 - Ponto de coleta 13 - Açude I no período chuvoso.



Figura 33 - Ponto de coleta 13 - Açude I eutrofizado no período seco.

O ponto 14 (P14) corresponde ao açude II utilizado para despejo direto dos dejetos gerados pela suinocultura, apresenta-se parcialmente eutrofizado durante todo o ano (Figura 34). Ele fica a 500 metros à jusante da nascente (P1) e à montante da maioria das residências.



Figura 34 - Ponto de coleta 14 - Açude II parcialmente eutrofizado.

O ponto 15 (P15) corresponde ao córrego do Engenho (Figura 35), é o ponto final da coleta de água. Este ponto foi monitorado pelo Plano de Segurança da Água (PSA) desenvolvido por pesquisadores da UFV que avaliaram a qualidade da água, para abastecimento público da cidade de Viçosa, em toda bacia do ribeirão São Bartolomeu.



Figura 35 – Ponto de coleta 15 – Córrego do Engenho.

Neste contexto, Carvalho (1993) verificou que poços cuja distância de fossas era maior que 15 m não estavam contaminados no distrito de Gavião Peixoto, em Araraquara (São Paulo). Já Farache Filho (1995) não observou relação entre contaminação de poços e a distância de fossas, nos bairros Jardim Araraquara e Jardim Itália, também localizados em Araraquara, mesmo tendo considerado como mínimo 15 m de distância entre os dois. Isso mostra que a contaminação de poços deve ser analisada como um processo multifatorial.

Neste sentido, esta pesquisa também considerou como a distância mínima requerida 15 m, conforme as normas da ABNT (1992). No entanto, o nível dos poços em relação às fossas

e o estado de conservação dos poços são primordiais em se tratando de risco de contaminação. Os resultados mostram que a maior parte dos poços (60%) não atende à exigência da distância mínima entre as fossas; 20% das fossas foram construídas em níveis mais elevados que os poços e em 40% poços e fossas estão no mesmo nível altimétrico. Outras fontes de contaminação foram identificadas como um canil e um esgoto da área de serviço, juntamente com a caixa de gordura.

Outras considerações a respeito da localização dos pontos de coleta também são importantes. O ponto de coleta de água mais alto é a nascente (P1), a 755 m e o ponto mais baixo é o córrego (P 15), a 725 m. Quando se relaciona a altitude da localização dos poços (Figura 36) com o nível do lençol freático (Figura 37), é possível afirmar que os poços escavados são mais rasos, pois se concentram ao longo dos cursos d'água onde o lençol freático encontra-se mais elevado, com exceção do poço escavado IV (P5) que está localizado a uma distância maior do córrego e, portanto, em uma altitude maior. Assim, quanto maior a altitude de localização dos poços, mais profundo é o nível do lençol freático. Sendo o nível mais baixo representado pelo poço tubular V (P11), localizado a 748 m de altitude e o nível mais elevado do lençol freático representado pelo poço escavado II (P3), localizado a 730 m de altitude.

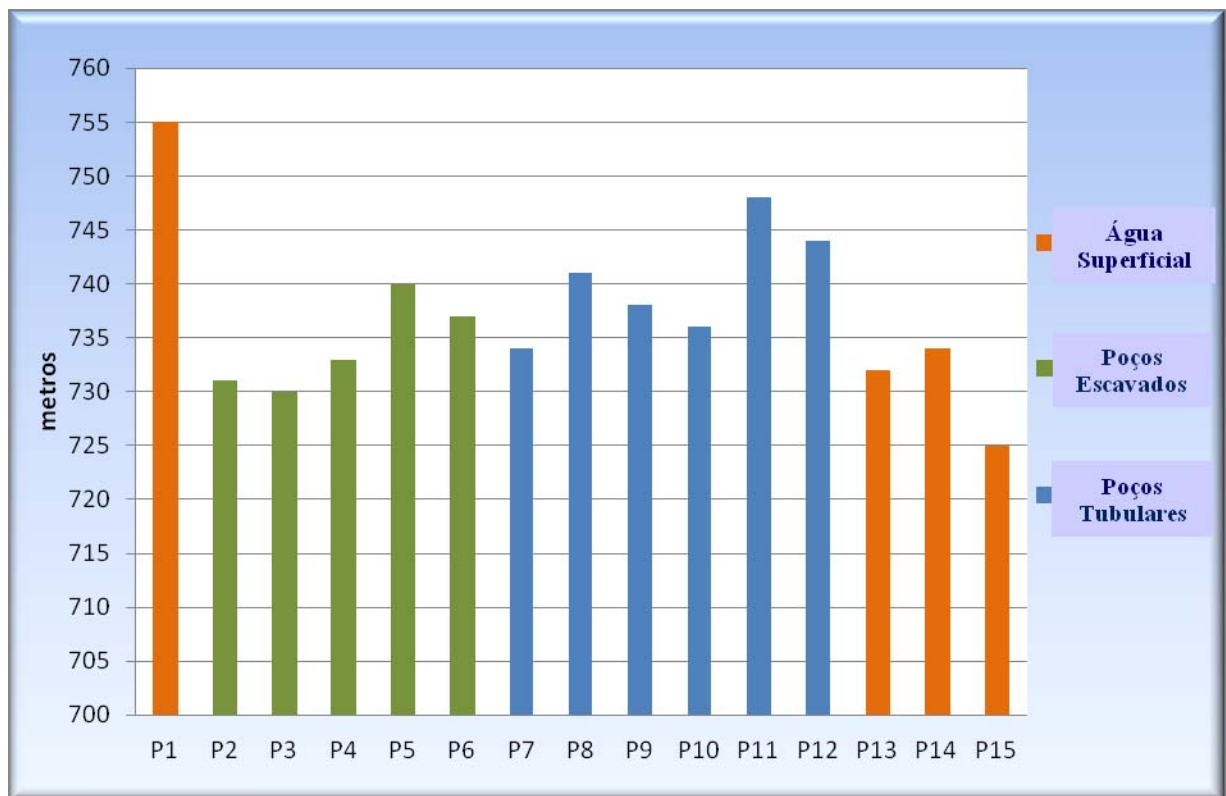


Figura 36 - Altitude da localização dos pontos de coleta de água superficial (nascente, açudes e córrego) e de subterrânea (poços escavados e tubulares).

Quando se relaciona a precipitação (Figura 38) com o nível do lençol freático (Figura 37), é possível afirmar que ao longo das campanhas o nível do lençol freático variou pouco, apresentando leve aumento em todos os pontos na 1ª e na 2ª campanha, acompanhando o aumento da precipitação. No entanto, no intervalo da 2ª para a 3ª campanha houve um período de maior volume de chuva do que no intervalo anterior, porém não contribuiu para a elevação do nível do lençol. Na 4ª campanha ocorreu a maior diferença do nível do lençol freático em todos os pontos em relação às três medições anteriores, pois o nível do lençol acompanhou o aumento da precipitação nesse intervalo. Com exceção dos poços tubulares III e V (P9 e P11), cujo nível do lençol é mais profundo e não sofreu interferências com o aumento da precipitação em nenhuma das campanhas. Assim, a variação do nível do lençol freático é maior em poços mais rasos ou em poços construídos em solos mais permeáveis, como é o caso do poço tubular II (P8). No caso do poço tubular VI (P12) houve essa grande variação no decorrer das campanhas porque seu sistema de bombeamento é automático e não foi possível medir o nível estático do lençol.

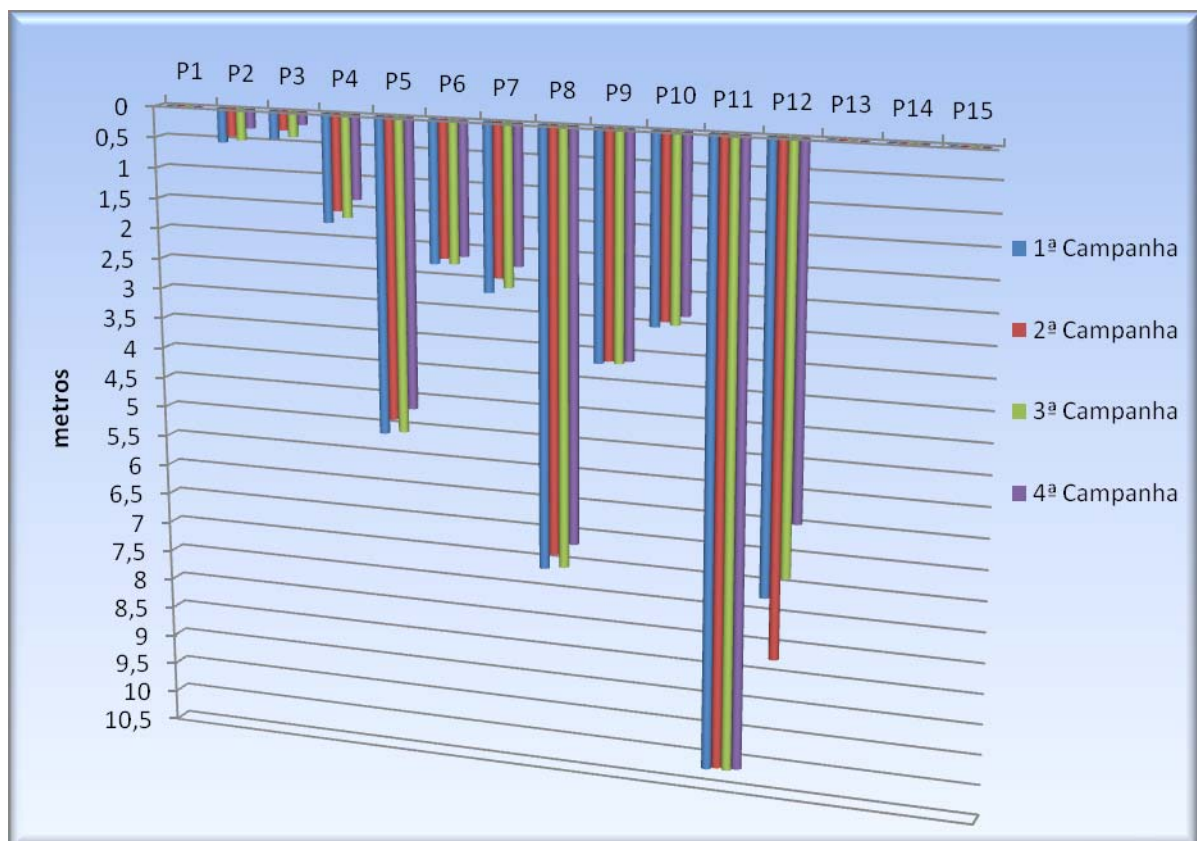


Figura 37 – Variação do nível do lençol freático nos pontos de coleta, em todas as campanhas.

O nível do lençol freático (Figura 37) varia principalmente de acordo com a permeabilidade do solo e com a precipitação. Entretanto, maior precipitação não necessariamente contribuiu para a elevação do nível do lençol como ocorreu no intervalo da 2ª para a 3ª campanha, possivelmente nesse intervalo (Figura 38) as chuvas foram mais intensas saturando rapidamente o solo e acarretando escoamento das águas pela superfície, ou seja, a taxa de infiltração não correspondeu ao grande volume de água precipitada. Enquanto que as chuvas finas e demoradas que ocorreram no intervalo da 1ª para a 2ª campanha promoveram uma infiltração mais eficiente, aumentando o volume da água de infiltração e conseqüente elevação do lençol freático.

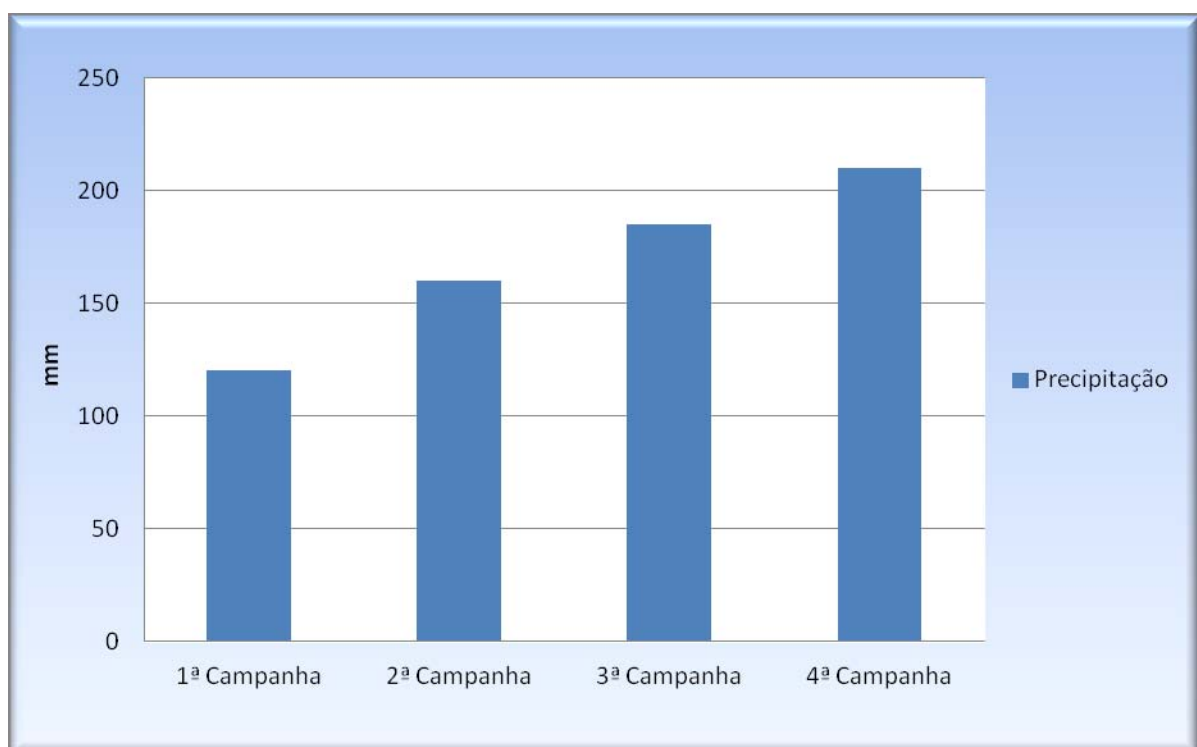


Figura 38 – Volume da precipitação mensal entre os intervalos das campanhas.

A orientação do fluxo da água subterrânea na bacia acompanha o fluxo da água superficial (Figura 39), conforme visualizado pelas setas direcionadas a partir dos níveis reais do lençol freático, sendo que, uma vez os corpos superficiais contaminados, a vulnerabilidade de contaminação da água subterrânea é grande, principalmente onde o nível do lençol freático encontra-se mais elevado, que é justamente ao longo dos cursos superficiais, onde se concentram a maioria das moradias. O fluxo segue o sentido oeste/leste predominantemente, com a ressalva de que, nesse sentido, ocorre maior tempo de exposição à radiação solar ao longo do dia.

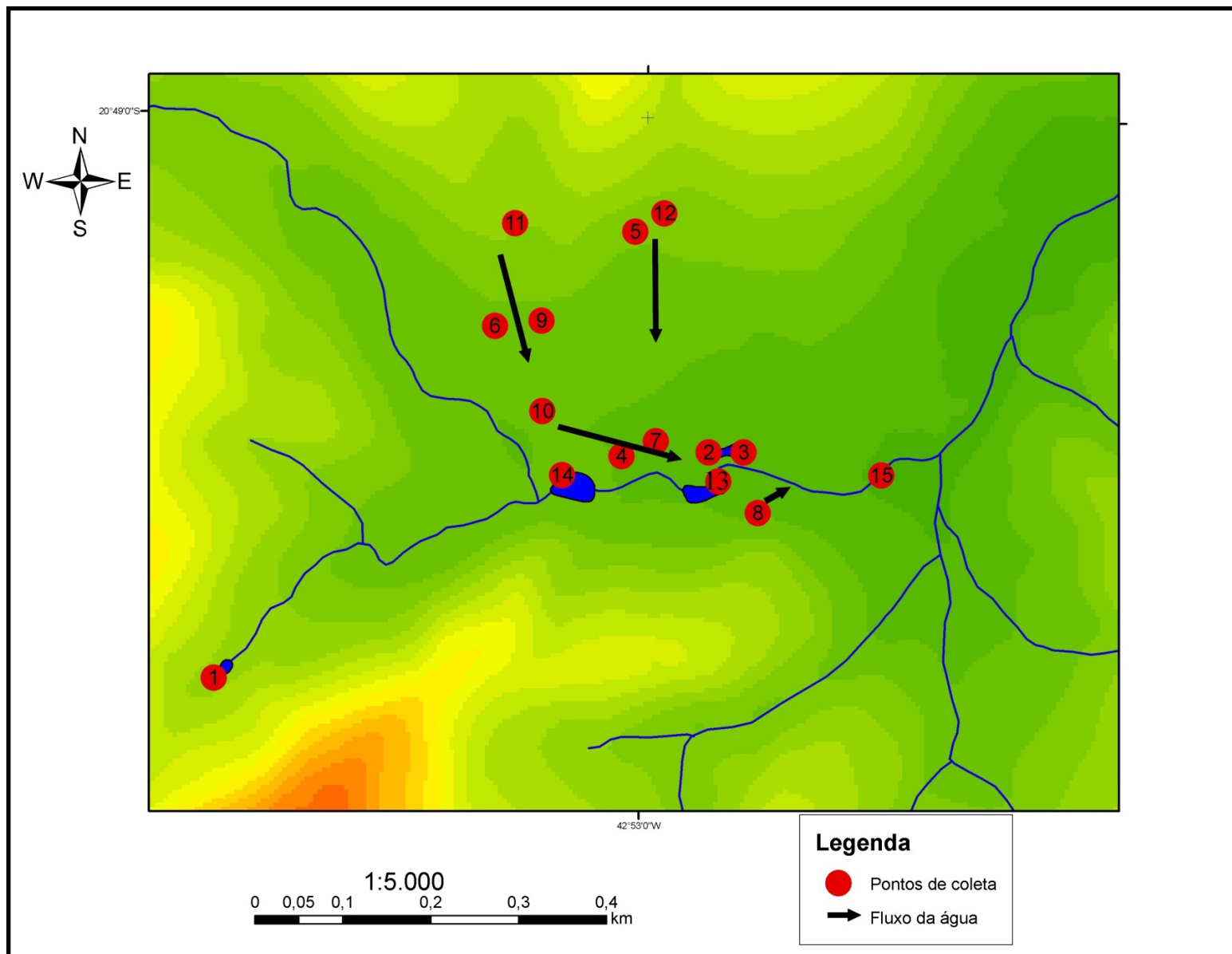


Figura 39 - Fluxo das águas e pontos de medição do nível real do lençol freático.

4.5. Qualidade da água na bacia do córrego do Engenho

Temperatura

Na 1ª campanha a temperatura da água variou de 20,2° a 25,0°. Na 2ª a temperatura apresentou um pequeno aumento em todos os pontos. Na 3ª a temperatura também variou pouco, apresentando uma pequena queda em todos os pontos. Na 4ª campanha a variação da temperatura apresentou um pequeno aumento em todos os pontos em relação às três campanhas anteriores.

A temperatura da água (Figura 40) sofreu uma pequena queda na 3ª campanha porque esta foi realizada em um dia nublado e chuvoso. Em todas as campanhas os menores valores de temperatura da água foram observados no poço escavado V (P11) que possui o nível mais profundo do lençol freático; e os maiores valores de temperatura na nascente (P1), devido, principalmente, à sua maior exposição ao sol. Os valores deste indicador não apresentam limites na legislação, no entanto ele está associado a outros indicadores e por isso faz parte do cálculo do IQA.

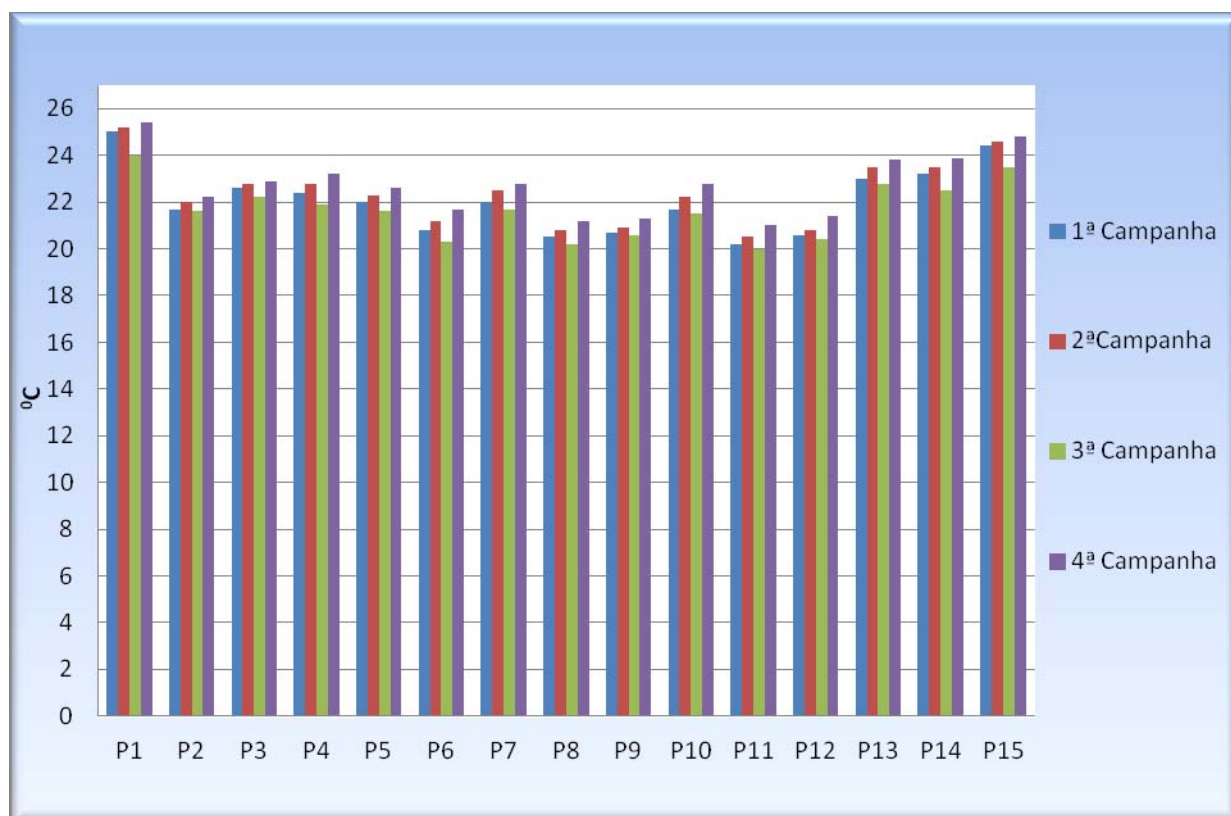


Figura 40 – Valores da Temperatura para todos os pontos de coleta, em todas as campanhas.

Potencial hidrogeniônico (pH)

Na 1ª campanha o pH da água variou de 6,2 a 7,5. Na 2ª o pH apresentou uma pequena queda em todos os pontos. Na 3ª o pH continuou diminuindo em todos os pontos. Na 4ª o pH permaneceu baixo em todos os pontos em relação às três campanhas anteriores.

O pH (Figura 41) manteve-se dentro da neutralidade e dos limites máximo (9) e mínimo (6) estabelecidos pela resolução 357/05 do CONAMA na 1ª e na 2ª campanha. Na 3ª e na 4ª campanha todos os poços escavados (P2, P3, P4, P5 e P6) apresentaram valores abaixo do limite mínimo, sendo considerados ácidos. Essa acidez está relacionada ao aumento de sólidos totais, indicando maior concentração de partículas em suspensão.

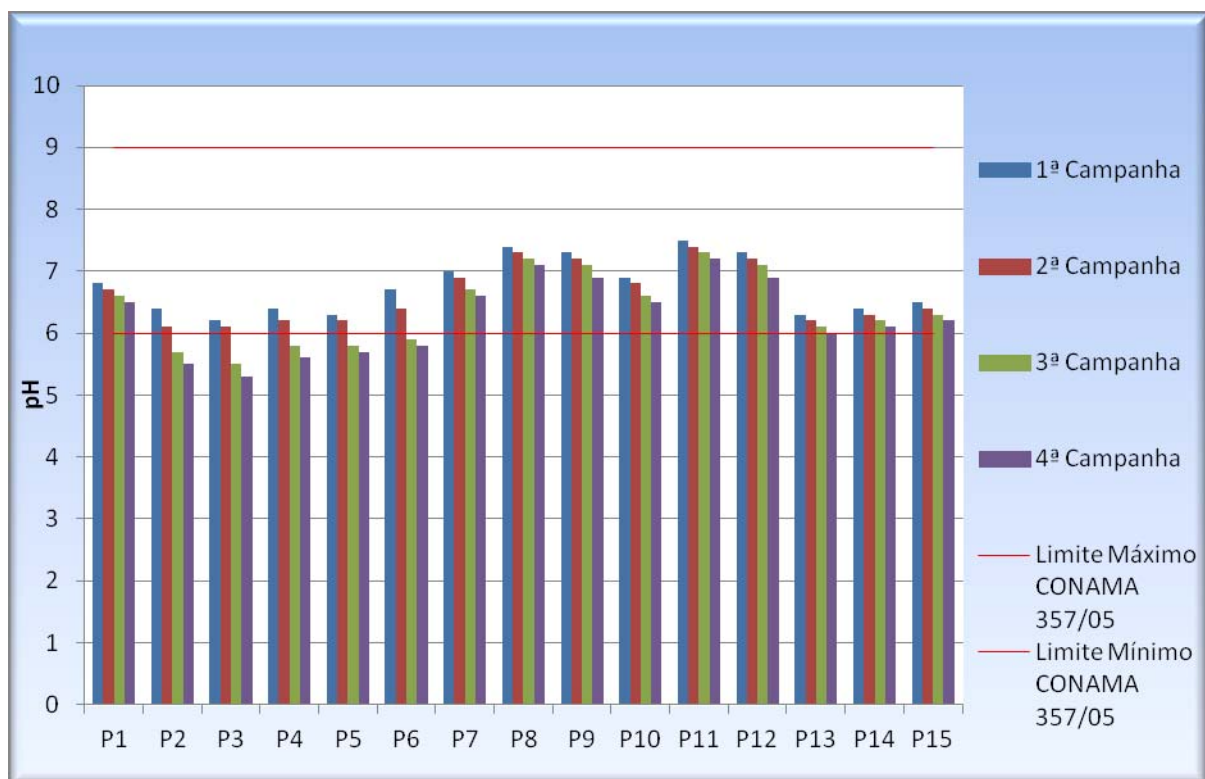


Figura 41 – Valores do pH para todos os pontos de coleta, em todas as campanhas.

Turbidez

O aumento da precipitação ao longo das campanhas influenciou no aumento da turbidez da água (Figura 42), principalmente nos pontos superficiais de coleta, relacionados à menor transparência da água, uma vez que as águas subterrâneas possuem poucos sólidos em suspensão.

Segundo a resolução 357/05 do CONAMA, o VMP para a turbidez é de 40 UNT. Este valor foi ultrapassado nos açudes I e II (P13 e P14) e no córrego (P15), todos estes pontos de águas superficiais. O único ponto de água subterrânea que ultrapassou o VMP foi o poço

escavado II (P3), cujo nível do lençol freático é o mais elevado. Foi constatado também que este poço encontra-se mal conservado, inclusive estava destampado na 1ª campanha, refletindo em um pico de turbidez.

Dentre todos os pontos, o que apresentou maior valor de turbidez corresponde ao açude II (P14), o que é atribuído ao despejo da pocilga nesse açude, refletindo no açude I (P13). Pode-se também relacionar a variação significativa nos valores do córrego (P15) com o aumento da precipitação e com o escoamento de águas superficiais.

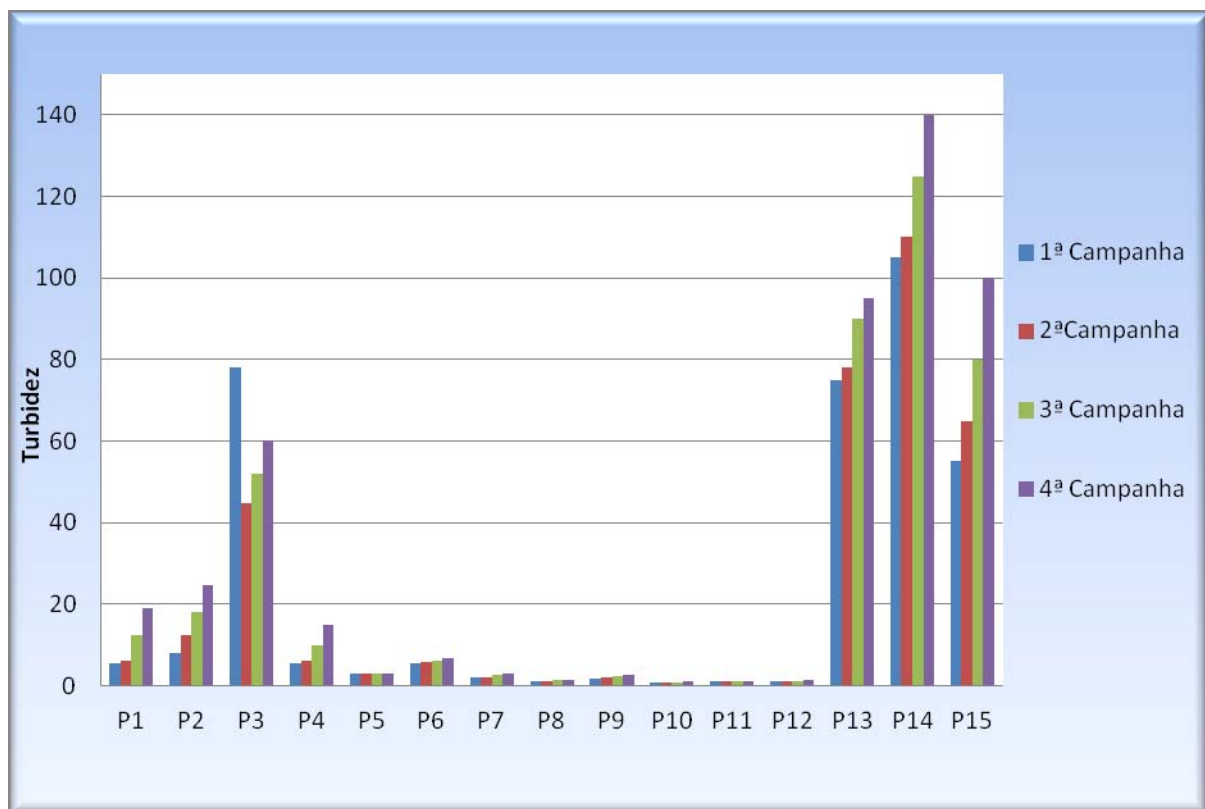


Figura 42– Valores da Turbidez para todos os pontos de coleta, em todas as campanhas.

Sólidos Totais

O aumento dos sólidos totais (Figura 43), principalmente nos pontos superficiais de coleta, assim como a turbidez, está relacionado com o aumento da precipitação ao longo das campanhas e com o despejo da pocilga. O poço escavado II (P3), também apresentou um pico nos valores de sólidos na 1ª coleta, permanecendo elevados, pelos mesmos motivos da turbidez já analisada anteriormente. Os valores deste indicador não apresentam limites na legislação, no entanto ele está associado a outros indicadores e por isso faz parte do cálculo do IQA.

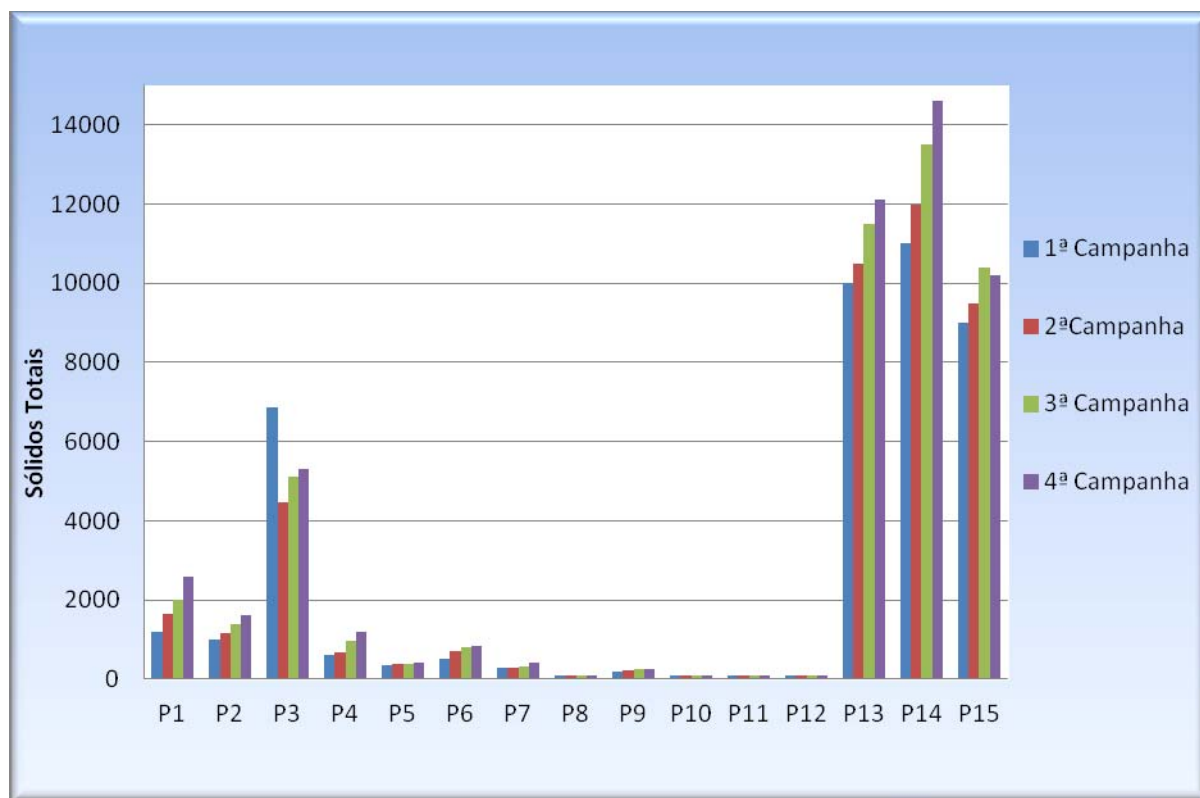


Figura 43 – Valores dos Sólidos Totais para todos os pontos de coleta, em todas as campanhas.

Nitrato

As concentrações de nitrato em água para consumo humano não podem ultrapassar o VMP de 10 mg/L, de acordo com a resolução 357/05 do CONAMA. Concentrações acima do VMP foram encontradas nos açudes I e II (P13 e P14) e também nos poços escavados I, II e III (P2, P3 e P4) (Figura 44) em todas as campanhas, apontando a suinocultura como principal fonte de contaminação, uma vez que todos estes pontos estão intimamente ligados pelo lençol freático contaminado pelos dejetos dos suínos. E mesmo que os demais pontos de coleta não estejam contaminados, pois não atingiram o VMP, a poluição dessas águas indica a precariedade do saneamento básico na bacia, como no caso do poço escavado V (P6) o mais antigo dentre os pesquisados, localizado próximo a duas fossas dos vizinhos.

Várias pesquisas sobre a qualidade das águas subterrâneas vêm sendo realizadas demonstrando resultados preocupantes quanto à ocorrência dessas grandes concentrações de nitrato, por ser um elemento químico extremamente prejudicial à saúde humana em concentrações acima do VMP. Pinto (1998) e Ayach (2002) constataram evidente correlação desses valores elevados de nitrato com a grande ocorrência de fossas rudimentares e despejos de suínos em confinamento.

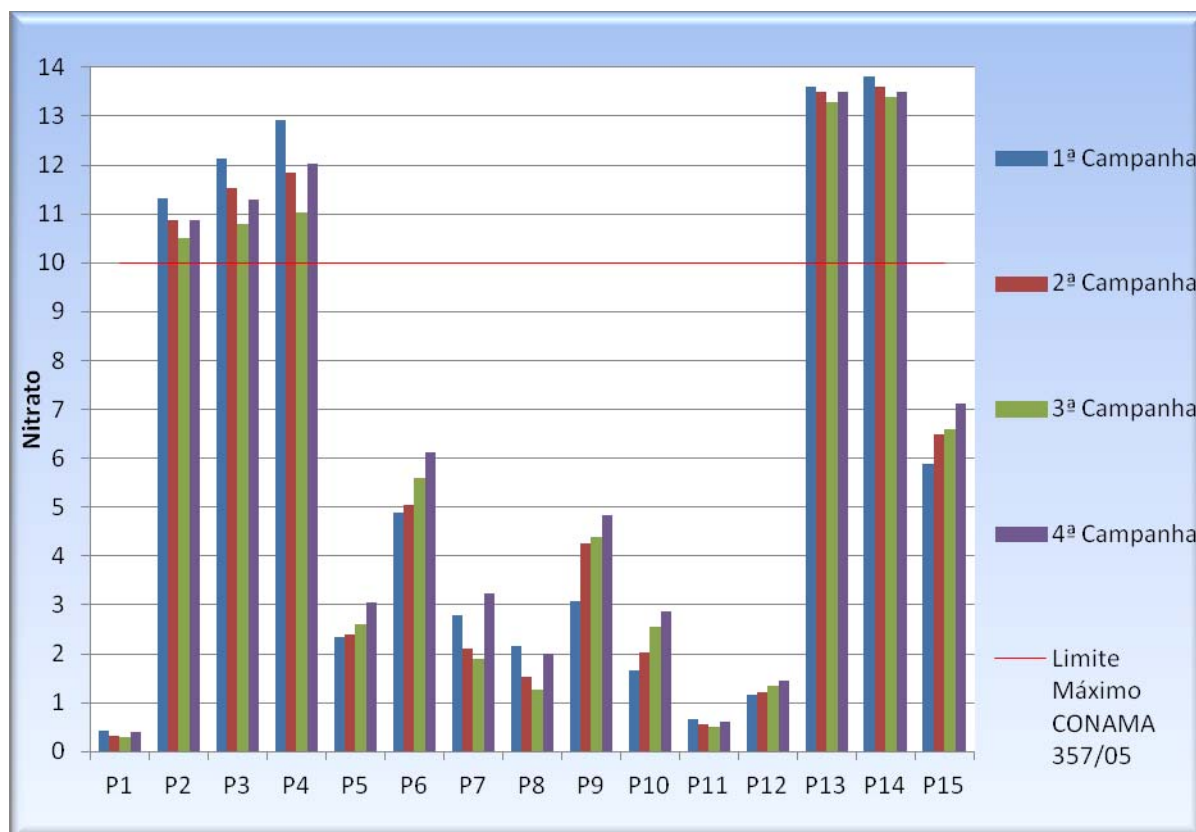


Figura 44 – Concentrações de Nitrato para todos os pontos de coleta, em todas as campanhas.

Fosfato

As concentrações de fosfato em água para consumo humano não podem ultrapassar o VMP de 0,1 mg/L, de acordo com a resolução 357/05 do CONAMA. Concentrações acima do VMP foram encontradas no açude II (P14) em todas as campanhas. O açude I (P13) e os poços escavados I e II (P2 e P3) apresentaram concentrações altas, uma vez que são susceptíveis à contaminação por estarem ligados pelo lençol freático ao P14, açude que recebe os dejetos da suinocultura, apontada mais uma vez como fonte de poluição. O fosfato (Figura 45), por um lado é um nutriente essencial para o crescimento de plantas, quando aplicado no solo, e para o crescimento de microorganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica e, por outro, é um nutriente essencial para o crescimento de algas, podendo conduzir a fenômenos de eutrofização de lagos e represas, como no caso dos açudes pesquisados, visualizados nas fotos apresentadas anteriormente nas figuras 33 e 34.

De acordo com Figueiredo (2007) em função da eutrofização, muitos reservatórios e lagos no mundo já perderam sua capacidade de abastecimento de populações, de manutenção da vida aquática e de recreação, tornando-se meio de disseminação de doenças.

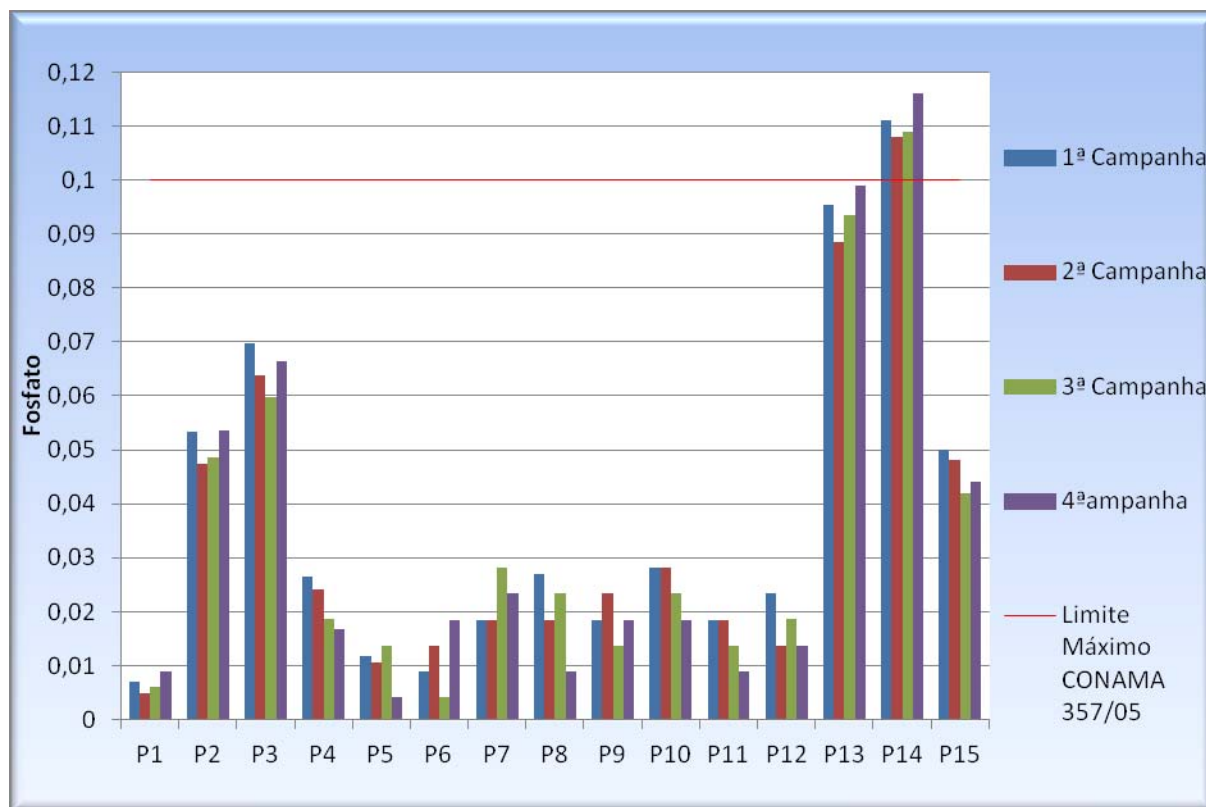


Figura 45 – Concentrações de Fosfato para todos os pontos de coleta, em todas as campanhas.

Oxigênio Dissolvido (OD)

Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução 357/05 do CONAMA, os valores de oxigênio dissolvido para as águas de consumo humano não podem ser inferiores a 6 mg/L. Como se pode observar na figura 46, apenas a nascente (P1) encontra-se acima do limite mínimo exigido pela legislação e, portanto, dentro do padrão de qualidade desse indicador em todas as campanhas. Os poços escavados I e II (P2 e P3) são os únicos pontos de águas subterrâneas, dentre os poços pesquisados, que apresentam valores inferiores ao limite mínimo exigido em todas as campanhas, assim como o córrego (P15). No entanto, os pontos que apresentaram menores valores de OD são os açudes I e II (P13 e P14), indicando mais uma vez a ligação desses pontos de coleta superficiais e subterrâneos por meio do lençol freático, e apontando mais impactos da suinocultura nos corpos d'água devido ao consumo de oxigênio por microrganismos para decompor a matéria orgânica despejada, indicando também menor disponibilidade de oxigênio para a vida aquática dos açudes e córregos.

Oxigênio Dissolvido é um dos parâmetros mais importantes para avaliação da qualidade da água, pois revela a possibilidade de manutenção de vida dos organismos aeróbios. De acordo com Von Sperling (1996), as bactérias decompositoras, consomem

oxigênio disponível no processo de estabilização da matéria orgânica, reduzindo significativamente sua concentração na água.

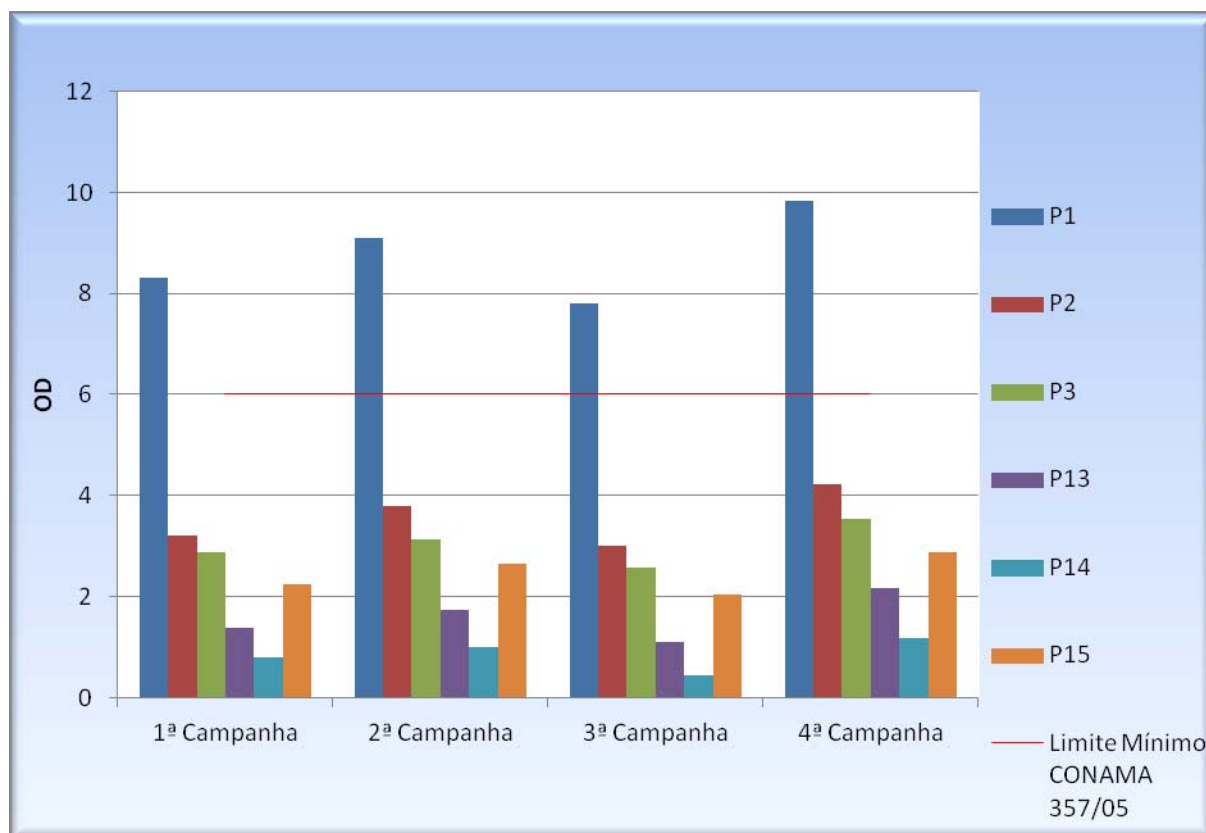


Figura 46 – Valores de Oxigênio Dissolvido para seis pontos de coleta, em todas as campanhas.

Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)

Segundo os padrões de qualidade de água estabelecidos pela resolução 357/05 do CONAMA, os valores da demanda bioquímica de oxigênio para as águas de consumo humano não podem exceder 3 mg/L. Valores acima do máximo permitido foram encontradas nos açudes I e II (P13 e P14), no córrego (P15) e também no poço escavado II (P3) em todas as campanhas. O poço escavado I (P2) apresentou valor acima do máximo permitido apenas na última campanha, ficando bem próximo do limite nas campanhas anteriores (Figura 47). Elevados valores de DBO são provocados por despejos de origem predominantemente orgânica, neste caso, confirmam-se os impactos nos corpos d'água pela prática da suinocultura, e a íntima ligação de todos estes pontos pelo lençol freático. Foi constatado ainda que a nascente (P1) encontra-se dentro do padrão de qualidade desse indicador em todas as campanhas, assim como os demais poços que não estão representados na tabela abaixo.

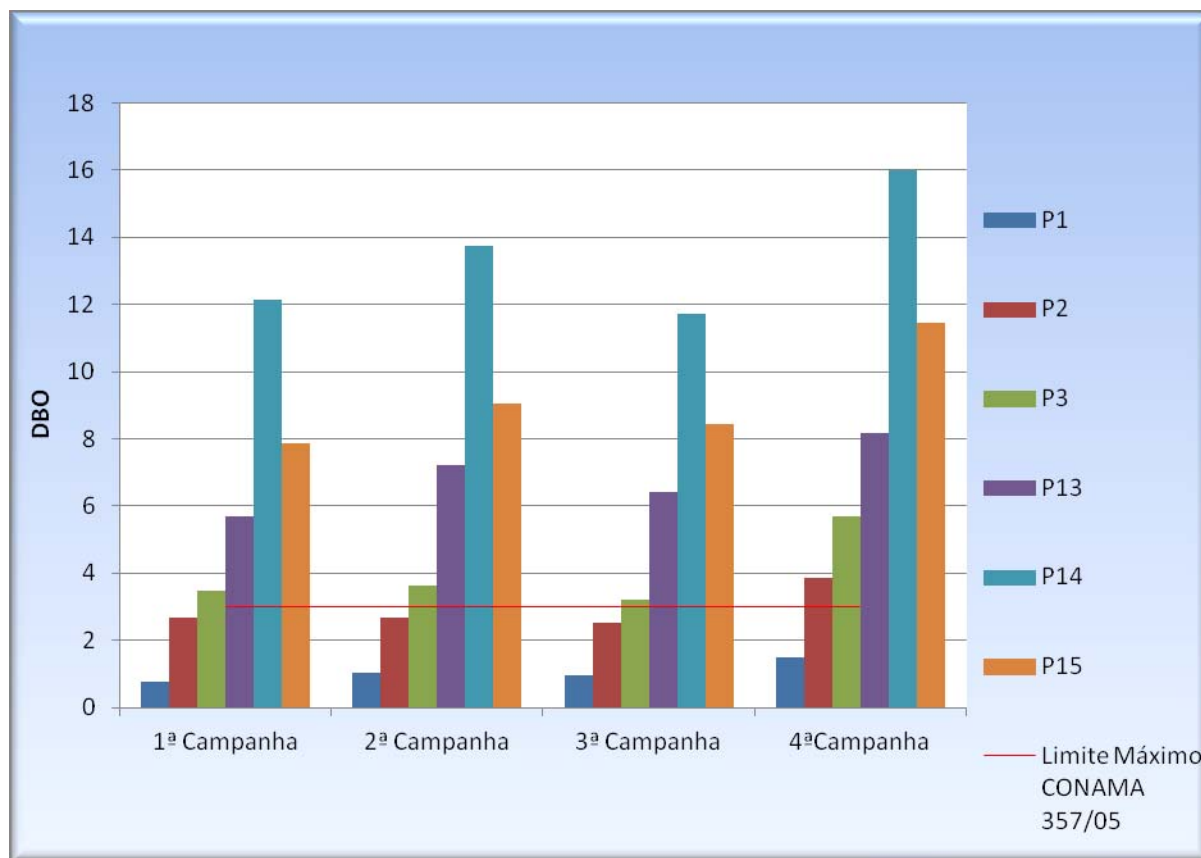


Figura 47 – Valores da Demanda Bioquímica de Oxigênio para seis pontos de coleta, em todas as campanhas.

Coliformes Totais (CT)

Como se pode observar na figura 14, apenas os poços tubulares II, IV e V (P8, P10 e P11) apresentam ausência de CT em todas as campanhas. O poço tubular I (P7) apresentou um pico na 3ª campanha, o poço tubular III (P9) não apresentou concentrações de CT na última campanha e o poço tubular VI (P12) apresentou uma queda nas concentrações de CT no decorrer das campanhas, devido ao encanamento feito, após a 1ª campanha, do esgoto da área de serviço, juntamente com a caixa de gordura, de uma das casas abastecidas, que era despejado diretamente sobre este poço. Os demais pontos de coleta, incluindo todos os cinco poços escavados (P2, P3, P4, P5 e P6), os açudes I e II (P13 e P14), o córrego (P15) e até mesmo a nascente (P1) mantiveram o valor máximo de contaminação detectado pelo método em todas as campanhas, conforme visualizado na figura 48.

A presença de CT nas águas superficiais e subterrâneas na bacia está associada à prática da suinocultura, às atividades pecuárias (no caso da nascente localizada no meio de uma pastagem), aos lançamentos de esgotos domésticos, além da localização e do estado de conservação de poços e fossas, já abordados anteriormente.

A presença de CT na água não representa, por si só, um risco à saúde, pois a maioria de suas bactérias não é patogênica, mas possuem potencial para deteriorar a qualidade da água, provocando odores e sabores desagradáveis, sendo utilizado como um importante indicador higiênico. Portanto, segundo os padrões de potabilidade da água estabelecidos pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde, os valores de Coliformes Totais devem ser ausentes em 100 ml de água na saída do tratamento.

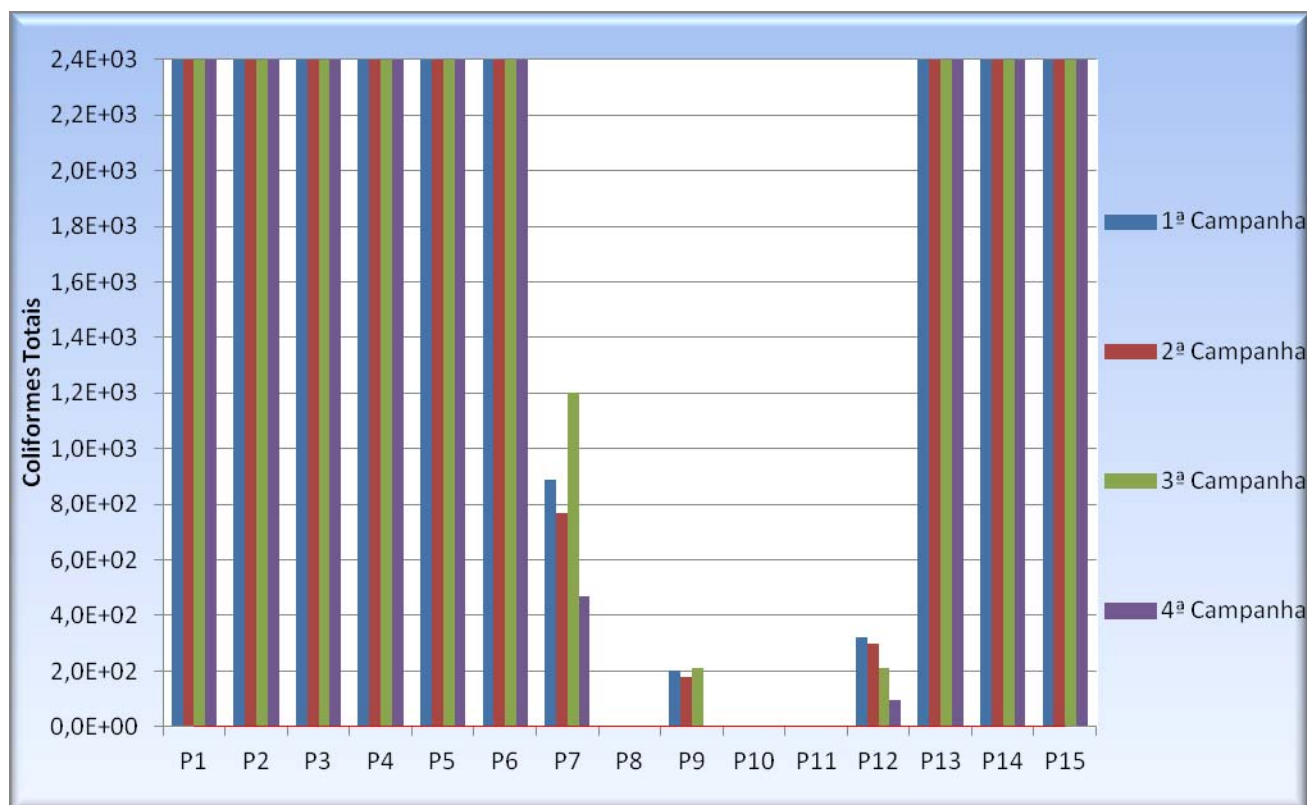


Figura 48 - Concentrações de Coliformes Totais para todos os pontos de coleta, em todas as campanhas.

***Escherichia coli* (E. coli)**

Segundo os padrões de potabilidade da água estabelecidos pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde, os valores de *Escherichia coli* para as águas de consumo humano devem ser ausentes em 100 ml de água. Como se pode observar na figura 49, apenas os poços tubulares II, IV e V (P8, P10 e P11) e a nascente (P1) estão dentro do padrão de qualidade desse indicador, apresentando ausência de *E. coli* em todas as campanhas. O poço tubular I (P7) não apresentou contaminação na última campanha, o poço tubular III (P9) apresentou contaminação apenas na 3ª campanha e o poço tubular VI (P12) apresentou uma queda nas concentrações de *E. coli* no decorrer das campanhas, devido ao encanamento feito, mencionado anteriormente. Os demais pontos de coleta, incluindo todos os cinco poços

escavados (P2, P3, P4, P5 e P6), os açudes I e II (P13 e P14) e o córrego (P15) apresentaram presença de *E. coli* em todas as campanhas, sendo que o açude II (P14) e o córrego (P15) mantiveram o valor máximo de contaminação detectado pelo método (Figura 49).

Segundo Bastos et al. (2003) a *Escherichia coli* é o mais específico indicador de contaminação fecal recente da água, é uma bactéria patogênica do grupo dos coliformes, e possui grande importância na avaliação da potabilidade da água.

Neste sentido, é possível afirmar que todos os pontos de coleta superficiais e subterrâneos que apresentaram presença de *E. coli* (P2, P3, P4, P5, P6, P7, P9, P12, P13, P14 e P15), ou seja, todas as águas comprovadamente contaminadas por essa bactéria, não são consideradas potáveis, até mesmo os pontos em que os outros indicadores avaliados estão dentro dos VMP estabelecidos pela resolução 357/05 do CONAMA, uma vez que segundo os padrões de potabilidade da água estabelecidos pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde, os valores de *Escherichia coli* para as águas de consumo humano devem ser ausentes em 100 ml de água.

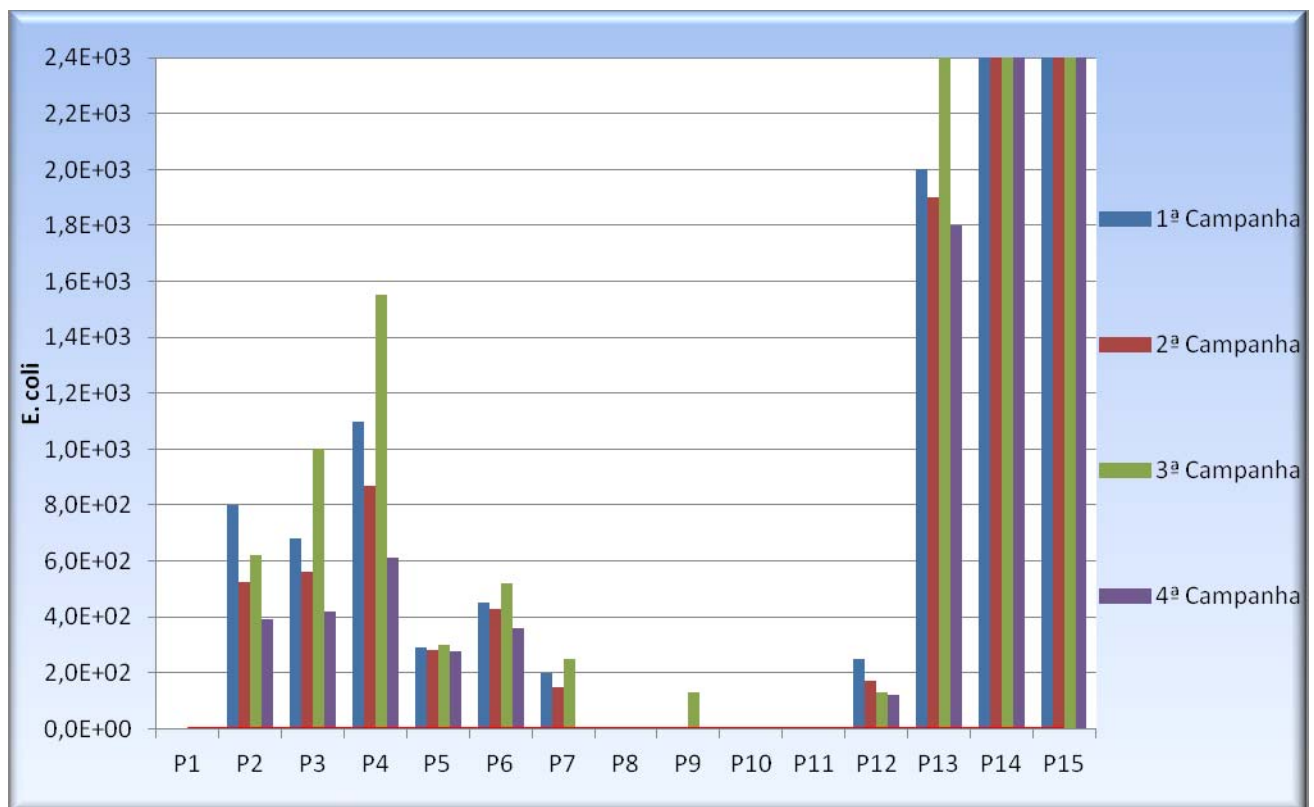


Figura 49– Concentrações de *Escherichia coli* para todos os pontos de coleta, em todas as campanhas.

Os únicos pontos de coleta que não estão contaminados por *E. coli* e nem ultrapassaram os VMP dos indicadores de qualidade avaliados são os poços tubulares II, IV e

V (P8, P10 e P11). No entanto, para que as águas destes pontos sejam consideradas potáveis, além da avaliação da presença de *E. coli* e dos indicadores que compõem o Índice de Qualidade da Água (IQA), calculado nessa pesquisa (Figura 50), é necessário avaliar uma série de outros contaminantes microbiológicos e de outras características físico-químicas e ainda radioativas que representam riscos para a saúde, estabelecidos pela portaria de potabilidade 518/04 do Ministério da Saúde.

O IQA considera aspectos relativos ao tratamento dessas águas e tem como determinante principal a sua utilização para o abastecimento público. Portanto este índice não tem o objetivo de inferir diretamente sobre a potabilidade da água. É um índice da qualidade da água bruta a ser captada, que após tratamento, deve ser distribuída para a população com garantia de potabilidade.

A partir do cálculo efetuado, pode-se determinar a qualidade das águas brutas, variando numa escala de 0 a 100.

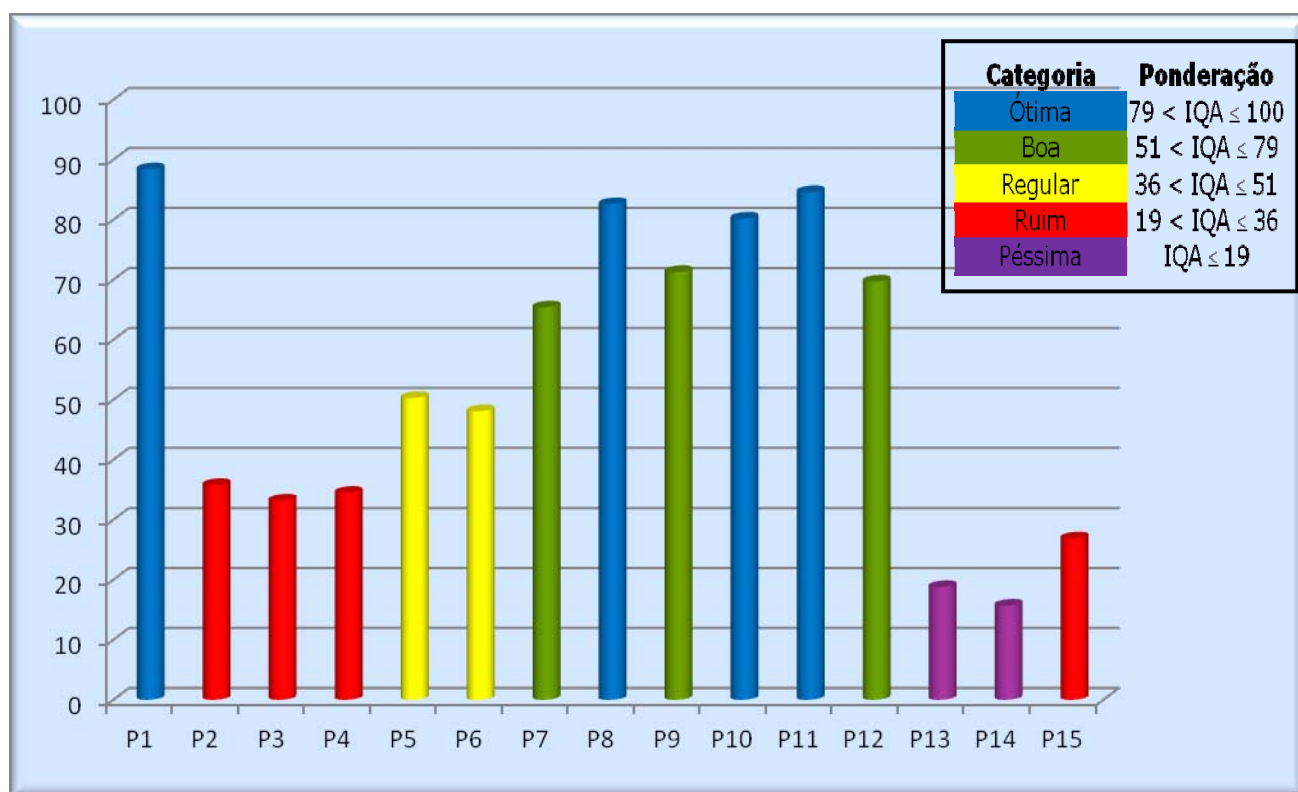


Figura 50 – Índice de Qualidade das Águas superficiais e subterrâneas para todos os pontos de coleta.

Portanto, foi constatado que a nascente (P1) apresentou qualidade ótima. Dentre os poços escavados, 60% (P2, P3 e P4) apresentaram qualidade ruim e 40% (P5 e P6) qualidade regular. Dentre os poços tubulares, 50% (P8, P10 e P11) apresentaram qualidade ótima e 50%

(P7, P9 e P12) qualidade boa. O córrego (P15) apresentou qualidade ruim. Os açudes (P13 e P14) apresentaram qualidade péssima.

O córrego (P15), os poços escavados ao longo do curso do córrego (P2, P3 e P4) e o açude I (P13) estão à jusante e intimamente ligados ao açude II (P14), que recebe diretamente todos os dejetos da suinocultura. As águas de todos estes pontos, superficiais e subterrâneas, classificadas de qualidade ruim e péssima, são consideradas impróprias até para o tratamento convencional pelas companhias de saneamento que utilizam o IQA.

É importante ressaltar que, até mesmo as águas dos poços tubulares I, II e VI (P7, P9 e P12), classificadas de qualidade boa pelo IQA, não são consideradas potáveis pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

5. CONCLUSÕES

Respondendo à pergunta norteadora da pesquisa, foi constatado que a água de 72,72% dos poços, consumida sem tratamento algum pelos moradores da bacia do Córrego do Engenho, não é potável.

O uso e a ocupação do solo na bacia do Córrego do Engenho comprometem a qualidade da água, principalmente, para o consumo humano. A água utilizada nas propriedades foi considerada um importante fator de risco à saúde das famílias que a utilizam.

Por meio das relações existentes entre o uso e ocupação do solo e a qualidade da água, foi possível identificar o lançamento dos dejetos da suinocultura diretamente em um dos açudes como a principal fonte pontual de poluição e contaminação das águas superficiais e subterrâneas da bacia do Córrego do Engenho.

Fontes difusas geradas pela agropecuária e pelo crescimento da ocupação na bacia também foram identificadas, tais como o uso de agrotóxicos nas lavouras, desmatamentos, pastagens degradadas e construções de fossas em locais indevidos.

Os poços escavados apresentaram maior susceptibilidade de contaminação, principalmente, por possuírem níveis mais elevados do lençol freático, mesmo em solos considerados de permeabilidade ruim.

Os poços tubulares apresentaram menor susceptibilidade de contaminação, principalmente, por possuírem níveis mais profundos do lençol freático, mesmo em solos considerados de boa permeabilidade.

As propriedades que possuem os poços de qualidade ruim são as de menor tamanho e estão concentradas ao longo do curso do córrego do Engenho. Em qualquer lugar, nessas propriedades, em que se cavar um poço, a água não terá boa qualidade, pois o lençol freático encontra-se contaminado.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, torna-se evidente a ausência de infra-estruturas e estratégias de planejamento e gestão ambiental, correlacionadas direta e indiretamente ao saneamento básico na bacia hidrográfica do Córrego do Engenho o que implica seriamente na manutenção da qualidade das águas superficiais e subterrâneas e, conseqüentemente, no comprometimento da qualidade de vida da população que as utilizam.

Como medida emergencial propõe-se o abastecimento público de água para os moradores da bacia do Córrego do Engenho. Verificam-se esforços das autoridades em implementar ações para garantir a potabilidade da água no meio urbano, porém, no meio rural, de um modo geral, essas ações praticamente inexistem. Encarregar o próprio consumidor de controlar a qualidade da água é uma postura incorreta, pois é grande o desconhecimento quanto aos riscos que a água contaminada pode oferecer à saúde.

A adoção de medidas mitigadoras e preventivas, como o tratamento dos dejetos gerados pela suinocultura, o tratamento dos esgotos das residências e o tratamento das águas já comprometidas são extremamente importantes para a sustentabilidade desse manancial, uma vez que sua ocupação vem crescendo de forma acelerada. Estas medidas também são importantes ferramentas para diminuir consideravelmente o risco de ocorrência de enfermidades de veiculação hídrica.

Diante deste cenário, programas integrados de sensibilização e conscientização em Saúde Pública e Educação Ambiental podem contribuir para a melhoria da qualidade de vida das famílias, levando a escolhas de processos de adaptação e ajustamentos mais conscientes diante das situações ocorrentes, e de tomadas de decisão, mediante o desenvolvimento de uma percepção ambiental mais próxima das realidades vivenciadas.

É necessário também buscar estilos de agricultura sustentável, com o objetivo de manter a produtividade com o mínimo possível de impactos ambientais, viabilizando economicamente os agroecossistemas. Para apoiar a transição dos atuais modelos convencionais de agricultura para estilos sustentáveis de desenvolvimento rural, têm-se proposto a Agroecologia.

A questão da água potável foi definida pela UNESCO como o problema ambiental mais grave da atualidade. Portanto, é um tema que não deve se restringir apenas a técnicos e pesquisadores, mas também à população que, ao mesmo tempo em que causa a contaminação sofre suas conseqüências. Todas estas conjunturas exigem medidas de intervenção, através de políticas governamentais e públicas, além de outras estratégias administrativas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB´SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. **Geomorfologia**. São Paulo, vol. 20, 1970.

ALABURDA, J.; NISHIHARA, L. **Presença de compostos de nitrogênio em águas de poços**. Revista Saúde Pública, vol. 322, nº2, 1998.

ALONSO, U. R. **Rebaixamento temporário de aquíferos**. São Paulo: TECNOGEO, 1999.

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. **Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais**. Revista Saúde Pública, vol. 37, nº4, 2003.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington, DC: APHA, 1995.

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

BENETTI, A.; BIDONE, F. **O meio ambiente e os recursos hídricos**. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul/EDUSP, 1993.

BASTOS R. K. X.; BEVILACQUA P. D.; HELLER L.; VIEIRA M. B. C. M.; BRITO L. L. A. **Abordagem sanitário-epidemiológica do tratamento e da qualidade da água: entre o desejável e o possível**. 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. João Pessoa, 2003. CD Room.

BRAGA, B., HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L., BARROS, M. T. L., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., JULIANO, N., EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BRANCO, S. M. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. São Paulo: CETESB, 1978.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 357, de 17 de março de 2005**. DOU. Nº 53. Brasília, 18/03/2005.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria de potabilidade nº 518, de 25 de março de 2004**. DOU. Nº 59. Brasília, 26/03/2004.

CAIADO, M. A. C., et al. **Desenvolvimento regional e qualidade das águas da Bacia do Rio Santa Maria da Vitória**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Belo Horizonte: ABRH, 1999. Anais.

CARVALHO, N. O. **Avaliação ambiental da bacia do Gavião**. São Paulo: Escolha, 1993.

- CORSON, W. H. **Manual Global de Ecologia**. São Paulo: Augustus, 1993.
- COELHO NETO, A. L. **Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia**. Rio de Janeiro: Bertrand Russel, 1998.
- COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DE SÃO PAULO (CETESB). **Guia de coleta e preservação de amostras de água**. São Paulo, 1998.
- D'AGUILA, P. S.; ROQUE, O. C. C.; MIRANDA, C. A. S.; FERREIRA, A. P. **Avaliação da qualidade de água para abastecimento público do Município de Nova Iguaçu**. Caderno Saúde Pública, vol. 16, nº3, 2000.
- DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da mata atlântica brasileira**. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (DNM). **Normais Climatológicas**. Brasília: 1992.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI). **Using arc view GIS**. Manual, 1996.
- FARACHE FILHO, A. **Proteção sanitária de poços rasos empregados para abastecimento de água nos bairros Jardim Araraquara e Jardim Itália**. Araraquara, SP. Revista Ciências Farmacêuticas, vol. 7, 1995.
- FIGUEIREDO, M. C. B. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental de reservatórios à eutrofização**. Revista Engenharia Sanitária e ambiental, vol. 12, nº4, 2007.
- FRANCO, M. A. R. **Planejamento ambiental para a cidade sustentável**. São Paulo: Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, 2001.
- FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1986.
- GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. (Org.). **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Russel, 1996.
- HARDT, L. P. A. **Ecologia da paisagem: fundamentos à gestão do espaço urbano**. Olam - Ciência & Tecnologia, vol. 4, nº1, 2004.
- IMHOFF, K. R. **Manual de tratamento de águas residuárias**. São Paulo: Blucher, 1986.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - 2000**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002.
- JELINEK, T. **Collection, storage and transport of swine wastes**. In: TAIGANIDES, E. P. Animal wastes. Essex, England: Applied Science, 1977.
- JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, 1995.

KARMANN, I. **O ciclo da água, água subterrânea e a sua ação geológica.** In: TEIXEIRA, W. et al. Decifrando a Terra. São Paulo: Oficina de Textos, 2003.

KONZEN, E. A. **Manejo e utilização dos dejetos de suínos.** Concórdia: EMBRA, Circular Técnica nº 6, 1983.

LARA, A. I. **Plano de gestão e manejo em áreas de mananciais.** In: ANDREOLI, C. V. (Org.). Mananciais de abastecimento público: planejamento e gestão – estudo de caso do Altíssimo Iguaçu. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR; Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, 2003.

LINDNER, E. A. **Legislação ambiental vigente.** In: EPAGRI. Aspectos práticos do manejo de dejetos de suínos. Florianópolis: EPAGRI/EMBRAPA-CNPSA, 1995.

MATOS, A. T.; MELO, E. C.; SILVA, J. B. L. da. **Desenvolvimento de Software para cálculo do IQA – Índice de Qualidade da Água.** IV Congresso Brasileiro da Sociedade Brasileira de Informática aplicada à Agropecuária. Bahia, 2003.

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

MOTA, S. **Preservação de recursos hídricos.** Rio de Janeiro: ABES, 1997.

OLIVEIRA, C. G. **Instalações e manejos para suinocultura empresarial.** São Paulo: Icone Editora, 1997.

OLIVEIRA, R. D.; OLIVEIRA, M. D. **Pesquisa social educativa: conhecer a realidade para poder transformá-la.** In: BRANDÃO, C. R. Pesquisa participante. São Paulo: Brasiliense, 1982.

ONGLEY, E. D. **Lucha Contra la Contaminacion Agrícola de los recursos Hídricos.** FAO, CEPIS. GEMS/Water Collaborating Centre Canadá Centre for Inland Waters Burlington, Canadá, 1997.

PEGORINI, E. S.; CARNEIRO C.; ANDREOLI, C. V. **Mananciais de abastecimento público: planejamento e gestão – estudo de caso do Altíssimo Iguaçu.** In: ANDREOLI, C. V.; CARNEIRO, C. (Org.). Gestão integrada de mananciais de abastecimento eutrofizados. Curitiba: Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR; Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, 2005.

PELLIZZARO, P. C.; HARDT, L. P. A.; BOLLMANN, H. A.; HARDT, C. **Urbanização em áreas de mananciais hídricos: estudo de caso em Piraquara, Paraná.** Cadernos Metrópole, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, vol.19, 2008.

PINTO, A. L. **Saneamento Básico e suas Implicações na Qualidade das Águas Subterrâneas da Cidade de Anastácio-MS.** Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro-SP, 1998.

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

REZENDE, S. B. **Estudo de crono-toposequências em Viçosa - Minas Gerais.** Viçosa: UFV, 1971. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, 1971.

SANTOS, D. G. dos; ROMANO, P. A. **Conservação da água e do solo, e gestão integrada dos recursos hídricos.** Revista Política Agrícola - Ministério da Agricultura, ano XIV, nº 2, 2005.

SANTOS, M. A. S. de P. et al. **Qualidade da Água: estudo de casos, Sistema Rio Grande X Sistema Rio Claro.** In: XIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Belo Horizonte: ABRH, 1999. Anais.

SANTOS, M. **Pensando o espaço do homem.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2004.

SANTOS, U. M.; RIBEIRO, M. N. G. **Hidroquímica ambiental.** Rio de Janeiro: Bertrand, 2001.

SILVA, R. C. A. de; ARAÚJO, T. M. de. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA).** Ciência & Saúde Coletiva, vol. 8, nº4, 2003.

SOBESTIANSKY, J.; WENTZ, I.; SILVEIRA, R. S.; SESTI, L. A. C. **Suinocultura Intensiva: Produção, manejo e saúde do rebanho.** Brasília: Embrapa, 1998.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002.

TAINGANIDES, E. P. **Animal wastes.** London: Applied Science Publishers, 1977.

VALENTE, J. P. S. **Contribuição da cidade de Botucatu – SP com nutrientes (fósforo e nitrogênio) na eutrofização da represa de Barra Bonita.** Revista Engenharia Sanitária e ambiental, vol. 2, nº5, 1997.

VALVERDE, O. **Estudo regional da Zona da Mata de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Geografia, vol. 20, nº1. Rio de Janeiro: IBGE, 1958.

VIVAN, J. **Agricultura & florestas: princípios de uma interação vital.** Guaíba: Agropecuária, 1998.

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

VERDEIRO, M. E. **Diagnóstico Rural Participativo: Guia prático de DRP.** Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Secretaria da Agricultura Familiar, 2006.

VILELA, M. F. **Uso de diferentes métodos de retificação geométrica e classificação digital de uma imagem TM/LANDSAT.** Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

WASWA, F.; GACHENE, C. K. K.; EGGERS, H. **Assessment of erosion damage in Ndome and Ghazi, Taita Taveta, Kenya.** Geojournal, vol. 56, nº3, 2002.

ZOBY, J. L. G.; MATOS, B. **Águas subterrâneas no Brasil e sua inserção na Política Nacional de Recursos Hídricos.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, Florianópolis: ABAS, 2002. CD-ROM.

8. ANEXOS

ROTEIRO

SÓCIOECONÔMICO E AMBIENTAL

Famílias

Número de membros.

Há quanto tempo mora na Comunidade?

Disponibilidade de Terra

Tamanho da propriedade.

Faz parceria? Com quem?

Comercialização

Comercializa os produtos?

É feirante? Desde quando?

Alguém da família ajuda vender?

O que vende?

Vende pra outros lugares? Quais?

Agrega valor aos produtos? Como?

Assistência Técnica

Tem? Quem faz?

De quanto em quanto tempo?

Já fez análise de solo?

Formas de Produção

Utiliza máquina? Contrata mão-de-obra?

Usa adubo químico?

Usa adubo orgânico?

Usa pesticida?

Usa corretivo (calcário)?

Compra sementes?

Economia

Usa crédito? Já usou?

Faz empréstimos em outros lugares que não o banco? Quais?

Dificuldades

Quais são as dificuldades enfrentadas como agricultor (feirante)?

Relação com a UFV

De que forma a UFV contribui com o agricultor?

Já participou da Semana do Fazendeiro?

Sistema Sanitário

Tem poço de água? Escavado ou tubular? Quando foi construído?

Tem fossa? Quando foi construída? De quanto em quanto tempo é feita limpeza?

Água

Como utiliza a água dos poços? (Abastecimento doméstico, irrigação, dessedentação de animais e diluição de despejos)

Faz algum tipo de tratamento?

Utiliza filtro?

A água dos poços diminui ao longo do ano?

Qual a qualidade da água dos poços? (Ótima, boa, regular, ruim ou péssima)

Já fez análise de qualidade da água?

Doenças

Algun membro da família já apresentou sintomas de gastroenterite (vômito e diarreia)? Qual a incidência nos dois últimos anos?

Resultados dos indicadores de qualidade das águas

Indicador	Unidade	Padrão	Pontos de Coleta de Água (1ª Campanha)														
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
pH	-	Entre 6 e 9	6,8	6,4	6,2	6,4	6,3	6,7	7	7,4	7,3	6,9	7,5	7,3	6,3	6,4	6,5
Temperatura	°C	-	25	21,7	22,6	22,4	22	20,8	22	20,5	20,7	21,7	20,2	20,6	23	23,2	24,4
Turbidez	UNT	Máximo 40	5,5	8	78	5,5	3	5,6	2	1	1,8	0,7	1	1	75	105	55
DBO	mg/L	Máximo 3	0,7	2,6	3,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	5,7	12,5	7,8
OD	mg/L	Mínimo 6	8,3	3,2	2,8	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1,3	0,7	2,2
Fosfato	mg/L	Máximo 0,1	0,0137	0,0233	0,0137	0,009	0,0137	0,009	0,0185	0,0269	0,0185	0,0281	0,0185	0,0233	0,0608	0,0377	0,0281
Nitrato	mg/L	Máximo 10	0,4	11,3	12,1	12,9	2,3	4,8	2,8	2,1	3,1	1,6	0,6	1,1	13,6	13,8	5,8
Sólidos totais	mg/L	-	1200	985	6850	620	350	500	280	100	200	100	100	100	10000	11000	9000
Escherichia coli	NMP/mL	Ausência	0	800	680	1100	290	450	200	0	0	0	0	250	2000	2400	2400

Indicador	Unidade	Padrão	Pontos de Coleta de Água (2ª Campanha)														
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
pH	-	Entre 6 e 9	6,7	6,1	6,1	6,2	6,2	6,4	6,9	7,3	7,2	6,8	7,4	7,2	6,2	6,3	6,4
Temperatura	°C	-	25,2	22	22,8	22,8	22,3	21,2	22,5	20,8	20,9	22,2	20,5	20,8	23,5	23,5	24,6
Turbidez	UNT	Máximo 40	6	12,3	44,8	6	3	5,8	2	1,2	2	0,8	1	1	78	110	65
DBO	mg/L	Máximo 3	0,9	2,7	3,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	5,9	12,8	7,9
OD	mg/L	Mínimo 6	8,1	3,1	2,4	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1,2	0,6	2
Fosfato	mg/L	Máximo 0,1	0,009	0,0273	0,0137	0,009	0,0137	0,0137	0,0185	0,0185	0,0233	0,0281	0,0185	0,0137	0,0521	0,0377	0,0281
Nitrato	mg/L	Máximo 10	0,3	10,8	11,5	11,8	2,4	5,1	2,1	1,5	4,2	2,1	0,5	1,2	13,5	13,6	6,5
Sólidos totais	mg/L	-	1650	1160	4480	690	370	700	295	100	222	100	100	100	10500	12000	9500
Escherichia coli	NMP/mL	Ausência	0	524	560	870	280	430	150	0	0	0	0	170	1900	2400	2400

Indicador	Unidade	Padrão	Pontos de Coleta de Água (3ª Campanha)														
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
pH	-	Entre 6 e 9	6,6	5,7	5,5	5,8	5,8	5,9	6,7	7,2	7,1	6,6	7,3	7,1	6,1	6,2	6,3
Temperatura	°C	-	24	21,6	22,2	21,9	21,6	20,3	21,7	20,2	20,6	21,5	20	20,4	22,8	22,5	23,5
Turbidez	UNT	Máximo 40	12,5	18	52	10	3	6,2	2,5	1,3	2,4	0,9	1	1,2	90	125	80
DBO	mg/L	Máximo 3	1	2,8	4,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	6,1	12,9	8,2
OD	mg/L	Mínimo 6	7,9	3	3,1	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1,1	0,7	1,9
Fosfato	mg/L	Máximo 0,1	0,0137	0,0185	0,0137	0,0137	0,0137	0,0042	0,0281	0,0233	0,0137	0,0233	0,0137	0,0187	0,0381	0,0281	0,0233
Nitrato	mg/L	Máximo 10	0,3	10,5	10,8	11,1	2,6	5,6	1,9	1,27	4,4	2,5	0,5	1,3	13,3	13,4	6,6
Sólidos totais	mg/L	-	2000	1400	5100	970	390	800	310	100	255	100	100	100	11500	13500	10400
Escherichia coli	NMP/mL	Ausência	0	623	1000	1550	300	520	250	0	130	0	0	130	2400	2400	2400

Indicador	Unidade	Padrão	Pontos de Coleta de Água (4ª Campanha)															
			P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	
pH	-	Entre 6 e 9	6,5	5,5	5,3	5,6	5,7	5,8	6,6	7,1	6,9	6,5	7,2	6,9	6	6,1	6,2	
Temperatura	°C	-	25,4	22,2	22,9	23,2	22,6	21,7	22,8	21,2	21,3	22,8	21	21,4	23,8	23,9	24,8	
Turbidez	UNT	Máximo 40	19	24,8	60	15	3	6,6	3	1,4	2,6	1	1	1,3	95	140	100	
DBO	mg/L	Máximo 3	1,3	3,2	3,8	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	6,2	13,2	8,4
OD	mg/L	Mínimo 6	7	3,1	2,5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1,1	0,6	2	
Fosfato	mg/L	Máximo 0,1	0,0137	0,0137	0,0137	0,0137	0,0042	0,0185	0,0233	0,009	0,0185	0,0185	0,009	0,0137	0,0364	0,0185	0,0137	
Nitrato	mg/L	Máximo 10	0,4	10,8	11,3	12,1	3,1	6,1	3,2	2,2	4,8	2,8	0,6	1,4	13,5	13,5	7,2	
Sólidos totais	mg/L	-	2600	1600	5300	1200	420	850	400	100	260	100	100	100	12100	14600	10200	
Escherichia coli	NMP/mL	Ausência	0	390	420	610	275	360	0	0	0	0	0	120	1800	2400	2400	