



Universidade Federal de Ouro Preto
Programa de Pós-Graduação Engenharia Ambiental
Mestrado em Engenharia Ambiental

Paloma Bibiano Jardim

**“QUALIDADE DE ÁGUA DE NASCENTES COMO REFLEXO DO
MANEJO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E CONSERVAÇÃO DA
MATA CILIAR, NO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO – MG”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Ouro Preto, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título: “Mestre em Engenharia Ambiental – Área de Concentração: Meio Ambiente”

Orientador: Prof. Dra. Vera Lúcia de Miranda Guarda

Ouro Preto, MG

2010



UFOP
Universidade Federal
de Ouro Preto

Ministério da Educação
Universidade Federal de Ouro Preto
Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental
ICEB - Campus – Morro do Cruzeiro
Ouro Preto – MG – CEP 35.400-000
Fone: (31)3559-1725
E-mail: proagua@iceb.ufop.br

“Qualidade de água de nascentes como reflexo do manejo do uso e ocupação do solo e conservação da mata ciliar, no município de Ouro Branco - MG”

Autora: Paloma Bibiano Jardim

Dissertação defendida e aprovada, em 03 de setembro de 2010, pela banca examinadora constituída pelos professores:

Professora Dr^a. Vera Lúcia de Miranda Guarda- Orientadora
Universidade Federal de Ouro Preto

Professor Dr. Adolf Heinrich Horn
Universidade Federal de Minas Gerais

Professor Dr. Hubert Mathias Peter Roeser
Universidade Federal de Ouro Preto

J373q

Jardim, Paloma Bibiano.

Qualidade de água de nascentes como reflexo do manejo do uso e ocupação do solo e conservação da mata ciliar, no município de Ouro Branco, MG [manuscrito] / Paloma Bibiano Jardim. – 2010.
xiii, 101 f. : il. color., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Vera Lúcia de Miranda Guarda.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Núcleo de Pesquisa em Recursos Hídricos Pró-Água. Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental.

1. Água - Qualidade - Minas Gerais - Teses. 2. Mata ciliar - Conservação - Teses. 3. Solo - Uso - Teses. I. Universidade Federal de Ouro Preto. II. Título.

CDU: 556.18(815.1):631.47

Catálogo: sisbin@sisbin.ufop.br

*“Todo esforço e trabalho, terão sido em vão
se não houver amor...”*

AGRADECIMENTOS

À energia divina e cósmica, que rege a tudo e todos no universo... obrigada, obrigada, deu tudo certo...

Agradeço à prof. Vera Guarda, por ter aceitado o desafio desta dissertação;

À minha Família, pelo apoio;

À prefeitura de Ouro Branco, na pessoa do Marciel, pela enorme colaboração com o veículo, GPS e auxílio em campo;

Ao Prof. Cornélio e “galera” do laboratório 62, principalmente ao Carlúcio, por cederem espaço para minhas análises, me ensinarem e auxiliarem em minhas (muitas) dúvidas;

Ao Prof. Hermínio e Adriana do DEGEO, pela realização do ICP;

À Olívia, que me ajudou muito nas visitas às nascentes, mesmo correndo o risco de afundar o pé na lama...

Aos motoristas do setor de transportes da UFOP, por chegarem a cada nascente longe, por estradas horríveis e embaixo de chuva; só não vale perder o bom humor...

Professores Francisco Prado, Hubert e Maurício, pelos conselhos, qualificação e troca de idéias;

Salete, pelos mapas;

Ao Douglas, bom amigo, pela ajuda e pela companhia sempre. Ninguém passa em nossas vidas sem deixar marcas;

À Stephanie, pelo abrigo, companhia e strogonoffes! Minha história em Ouro Preto foi mais suave graças a você.

À Márcia, pelas risadas e companheirismo ao final de semana, por que relaxar é preciso;

Fernanda, amiga querida, sempre tão longe! Obrigada pela ajuda nas revisões, conselhos, correções...

Às meninas do quinto (eternas), pelas confabulações MSNísticas!

Amy, lubi-lubi da mamãe;

A todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho; e

Finalmente ao Christopher, minha vida, meu amor, minha razão e alegria... Obrigada pelos feriados enfiados em laboratórios e toda ajuda. Essa vitória é nossa.

SUMÁRIO

Resumo Geral.....	iv
General abstract.....	v
Capítulo 1.	
1. Introdução geral.....	01
2. Objetivo geral.....	02
2.1. Objetivos específicos.....	02
3. Revisão bibliográfica.....	02
3.1. Bacia hidrográfica.....	02
3.1.1. Zona hidrogeodinâmica.....	04
3.1.2. Disponibilidade hídrica.....	05
3.2. Qualidade de água.....	06
3.2.1. A água como um indicador da qualidade ambiental das bacias hidrográficas.....	07
3.3. Poluição hídrica.....	08
3.3.1. Análise de água.....	08
3.4. Nascentes.....	09
3.5. Mata ciliar.....	10
3.5.1. Áreas de Preservação Permanente – APP.....	10
3.6. Cobertura e ocupação do solo.....	11
3.7. Avaliação de impacto ambiental.....	13
4. Referências.....	15
Capítulo 2 - Caracterização física de microbacias do município de Ouro Branco MG, e classificação de suas nascentes.....	22
Resumo.....	23
Abstract.....	24
2.1. Introdução.....	25
2.2. Material e Métodos.....	26
2.2.1. Localização da área de estudo.....	26
2.2.2. Metodologia.....	28
2.2.3. Determinação dos parâmetros morfométricos.....	29
2.2.4. Informações das nascentes.....	31

2.3.	Resultados e Discussão.....	32
2.3.1.	Caracterização física das sub-bacias estudadas.....	32
2.3.2.	Classificação das nascentes.....	38
2.3.3.	Medidas de vazão.....	39
2.4.	Conclusões.....	40
2.5.	Referências.....	41

Capítulo 3 - Mata ciliar e qualidade da água de nascentes do município de Ouro Branco,

MG.....	44	
Resumo.....	45	
Abstract.....	46	
3.1.	Introdução.....	47
3.2.	Material e Métodos.....	50
3.2.1	Localização da área de estudo.....	50
3.2.2	Distribuição das nascentes.....	51
3.2.3	Caracterização das APPs das nascentes.....	51
3.2.4	Avaliação ambiental de impactos.....	52
3.2.5	Avaliação do estado de conservação e classificação das nascentes.....	52
3.2.6	Avaliação da qualidade da água.....	53
3.2.7	Cálculo do IQA.....	54
3.3	Resultados e Discussão.....	55
3.3.1.	Caracterização do entorno das nascentes, impactos ambientais e classificação das nascentes.....	55
3.3.2.	Avaliação da qualidade da água.....	72
3.3.3.	Índice de Qualidade de Água (IQA).....	88
3.4.	Conclusões.....	91
3.5.	Referências.....	92
Conclusão Geral e Sugestões para trabalhos futuros.....	101	

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Localização do município de Ouro Branco no estado de Minas Gerais.....	26
Figura 2.2 - Localização do município na unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos.....	27
Figura 2.3 - Hidrografia do município e microbacias selecionadas para estudo.....	28
Figura 2.4 - Perfil altimétrico da nascente 02.....	38
Figura 3.1 - Distribuição das nascentes selecionadas para estudo, nas diferentes tipologias vegetacionais e usos do solo no município de Ouro Branco.....	51
Figura 3.2 - Caracterização da nascente 01.....	56
Figura 3.3 - A) Entorno da nascente 01; B) Mata ciliar.....	57
Figura 3.4 - Caracterização da nascente 02.....	57
Figura 3.5 - A) Entorno da nascente 02, sob faixa de servidão de rede elétrica; B) Nascente 02.....	59
Figura 3.6 - Caracterização das nascentes 03 (à esquerda) e 04 (à direita).....	59
Figura 3.7 - A) Nascente 03, preservada; B) Afloramentos rochosos.....	60
Figura 3.8 - Nascente 04, preservada.....	61
Figura 3.9 - Caracterização da nascente 05.....	61
Figura 3.10 - A) Nascente 05; B) Entorno da nascente dominada por invasoras.....	62
Figura 3.11 - Caracterização da nascente 06.....	62
Figura 3.12 - A) Despejo de esgoto; B) Lixo/entulho; C) Nascente 06, degradada; D) Entorno da nascente.....	64
Figura 3.13 - Caracterização da nascente 07.....	64
Figura 3.14 - Nascente 07.....	65
Figura 3.15 - Caracterização da nascente 08.....	66
Figura 3.16 - A) Nascente 08 e área de recarga; B e C) Cultura perene (capineira), invasoras, solo exposto e porção de água; D) detalhe da caixa.....	67
Figura 3.17 - Caracterização da nascente 09.....	67

Figura 3.18 - A) Área de preservação da nascente 09; espécies invasoras, curral e capineira ao fundo; B) Pasto.....	68
Figura 3.19 - Caracterização da nascente 10.....	69
Figura 3.20 – A) De costas para a nascente, observa-se a presença de invasoras, principalmente <i>Brachiaria spp.</i> (capim), e <i>Typha domingensis</i> (taboa), e estrada não pavimentada; B) Mata ciliar e invasoras.....	70

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 - Parâmetros morfométricos das cinco microbacias.....	33
Tabela 2.2 - Resumo das principais características das nascentes.....	39
Tabela 2.3 - Medidas de vazão das nascentes e variação (%) entre as estações seca e chuvosa.....	40
Tabela 3.1 - Peso das características utilizadas no cálculo do IQA.....	55
Tabela 3.2 - Faixas de variação de qualidade das águas.....	55
Tabela 3.3 - Classificação das nascentes e impactos negativos em sua área de recarga.....	71
Tabela 3.4 - Parâmetros de qualidade de água das nascentes na estação chuvosa.....	73
Tabela 3.5 - Parâmetros de qualidade de água das nascentes na estação seca.....	74
Tabela 3.6 - Medidas de vazão das nascentes e variação (%) entre estações seca e chuvosa.....	87
Tabela 3.7 - Valores de IQA e classificação das nascentes amostradas.....	89

Lista de Siglas e Abreviaturas

ABNT – associação brasileira de normas técnicas

AgNO₃ – nitrato de prata

AIA – avaliação de impacto ambiental

Al – alumínio

APHA - american public health association

APP – área de preservação permanente

As – arsênio

CETESB - companhia ambiental do estado de São Paulo

CONAMA – conselho nacional de meio ambiente

Cu – cobre

CV(%) – coeficiente de variação

Cwa – clima tropical de altitude

DBO – demanda biológica de oxigênio

Dd – densidade de drenagem

Dh – densidade hidrográfica

EIA – estudo de impacto ambiental

EPA - environmental protection agency

F – fator de forma

Fe – ferro

FEEMA – fundação estadual de engenharia de meio ambiente

GPS - Global Position System

IBGE – instituto brasileiro de geografia e estatística

IC – índice de circularidade

IGAM - instituto mineiro de gestão das águas

IQA – índice de qualidade de água

Is – índice de sinuosidade

K – potássio

LQ – limite de quantificação

Mn – manganês

NEPA - national environment policy act

NMP – número mais provável

NTU – unidade de turbidez

OD – oxigênio dissolvido

P – fósforo

Pb – chumbo

pH – potencial hidrogeniônico

RPPN - reserva particular do patrimônio natural

SISNAMA – sistema nacional de meio ambiente

SF - comitê bacia do São Francisco

SF 23-X-A-VI-2 - mapa topográfico carta Ouro Branco

SF-23-X-A-III-4 - mapa topográfico carta Ouro Preto

SF3 - unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos do rio Paraopeba

T° - temperatura

TDS – sólidos totais dissolvidos

UFOP – universidade federal de Ouro Preto

UPGRH - unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos

UTM – universal mercator translator

Zn – zinco

Resumo Geral

Este estudo foi realizado em cinco microbacias selecionadas do município de Ouro Branco, MG, localizado na região do Alto Paraopeba, com os objetivos de: Realizar caracterização física das microbacias apresentando diferentes estados de conservação e usos do solo, avaliar a qualidade da água e classificar suas nascentes. A descrição do meio físico foi realizada através de observação *in loco* e análise morfométrica, pelo levantamento detalhado de mapas topográficos IBGE dos quais se extraiu dados os quais foram aplicados em fórmulas, obtendo os parâmetros morfométricos. As nascentes foram classificadas quanto ao regime de escoamento e perenidade do fluxo d'água, foi realizada a caracterização física das nascentes e de seu entorno, a avaliação das características de qualidade de água, o cálculo do índice de qualidade da água (IQA) e a mensuração da vazão. Os resultados revelaram que as características morfológicas das bacias estão relacionadas à sua composição geológica e litológica, geográfica e pela ocupação antrópica. Observou-se que nascentes com maior gradiente de mata nativa apresentaram melhores índices de qualidade de água para os parâmetros limnológicos pH, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido; e um maior gradiente de floresta ou mata nativa ainda garantem a disponibilidade de água nas nascentes na estação seca, pelo abastecimento do lençol freático na época das chuvas. Os períodos de amostragem (estação seca e chuvosa) têm influência na vazão e qualidade da água das nascentes. Interferências antrópicas na área de recarga das nascentes influenciaram de forma negativa os parâmetros de qualidade da água e índices IQA, que variaram de “ruim” a “excelente”, sendo as principais observadas neste estudo agricultura (resíduos ou excesso produtos químicos), urbanização (esgoto e impermeabilização do solo) bem como a retirada da vegetação nativa de forma geral.

General Abstract

This study was carried through in five selected microbasins of the city of Ouro Branco, MG, located in the region of the High Paraopeba, with the objectives of: The physical characterization of the microbasins with different states of conservation and uses of the ground, to evaluate the quality of the water and to classify their springs. The description of the environment was carried through through comment in leases and morfométrica analysis, for the detailed survey of topographical maps IBGE of which if it extracted given which had been applied in formulas, getting the morfométricos parameters. The springs had been classified how much to the regimen of draining and perenidade of the water flow, the physical characterization of the springs and its was carried through entorno, the evaluation of the characteristics of quality of water, the calculation of the index of quality of the water (IQA) and the mensuração of the outflow. The results had disclosed that the morphologic characteristics of the basins are related to its geologic and litológica composition, geographic and for the antropic occupation. It was observed that rising with bigger gradient of native bush they had presented better indices of quality of water for the limnologies parameters pH, total turbidez, solids and dissolved oxygen; e a bigger gradient of forest or still kills native guarantees the water availability in the springs in the dry station, for the supplying of the freático sheet at the time of rains. The periods of sampling (dry and rainy station) have influence in the outflow and quality of the water of the springs. Antrópicas interferences in the area of recharge of the springs had influenced of negative form the parameters of quality of the water and indices IQA, that had varied of “bad” the “excellent one”, being the main ones observed in this study agriculture (residues or excess chemical products), urbanization (sewer and waterproofing of the ground) as well as the withdrawal of the native vegetation of general form.

**QUALIDADE DE ÁGUA DE NASCENTES COMO REFLEXO DO
MANEJO DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO E CONSERVAÇÃO DA
MATA CILIAR, NO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO – MG**

CAPÍTULO 1

1. Introdução Geral

As modificações ocorridas nos componentes do clima ou da paisagem alteram a quantidade, a qualidade e o tempo de resistência da água nos ecossistemas (Rebouças, 2002). O aumento e a diversificação dos usos múltiplos da água resultaram em diversos tipos de impactos ambientais de diferentes magnitudes. Tais impactos exigem diferentes tipos de avaliação quali e quantitativa e monitoramento adequado de longo prazo (Costa, 2004).

O desmatamento, a erosão, a poluição do solo, dos rios e córregos e o desperdício são fatores que interferem tanto na diminuição da quantidade de água quanto na sua qualidade (von Sperling, 1996). Ainda o crescimento populacional, o processo intensivo de urbanização, a expansão da fronteira agrícola e a implantação de indústrias de grande porte, podem ser apontados como responsáveis pelo aumento na demanda de água, para a agricultura irrigada, o abastecimento para consumo humano e industrial e a produção de energia elétrica (Muller, 1996).

A melhoria da qualidade da água se dá na junção de várias ações que busquem proteger e recuperar o solo, as matas, as nascentes, as matas ciliares, os rios e os córregos, retirando todo tipo de fontes de contaminação/poluição, como dejetos animais e humanos, restos de produtos tóxicos, embalagens e restos de caldas de agrotóxicos, lixões, entre outros (von Sperling, 1996). De acordo com Costa (2004) o uso correto do solo associado à conservação da cobertura florestal contribui para a redução da erosão, favorece a infiltração da água e protege as encostas de desmoronamentos.

O manejo de bacias hidrográficas deve contemplar a preservação e melhoria da água quanto à quantidade e qualidade, além de seus interferentes em uma unidade geomorfológica da paisagem como forma mais adequada de manipulação sistêmica dos recursos de uma região (Calheiros, 2004).

A sub-bacia do ribeirão Ouro Branco e seus afluentes integram a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) do Rio Paraopeba (SF3), integrante do Comitê Bacia do São Francisco (SF) (IGAM, 2009).

Em função das características do relevo, várias nascentes fazem-se presentes na área do município, contribuindo de maneira expressiva na manutenção do regime hídrico dos córregos e afluentes. No entanto, muitas destas nascentes e córregos têm sido alvo de impactos ambientais de diversas origens e magnitudes, tanto no meio urbano através de ocupações irregulares em áreas de preservação e lançamento de resíduos sem tratamento; como no meio rural por meio de queimadas, desmatamentos, erosões e, principalmente, pelo uso indiscriminado de defensivos agrícolas (Prefeitura Municipal de Ouro Branco, 2006).

A caracterização do meio físico das bacias hidrográficas, em especial das áreas de recarga das nascentes, e o estudo da qualidade da água, com o intuito de levantar as áreas críticas, visando à manutenção da água, são condições básicas para o sucesso do planejamento da produção e conservação da água e recuperação das nascentes e matas ciliares (Pinto, 2003).

2. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo estudar a qualidade de água de dez nascentes de cinco sub-bacias do município de Ouro Branco, MG, que apresentam diferentes estados de conservação e manejo de uso do solo.

2.1. Objetivos específicos

- Realizar a caracterização física das sub-bacias e classificação de suas nascentes;
- Relacionar o gradiente de mata ciliar nas áreas de recarga das nascentes e parâmetros físico-químicos de qualidade de água;
- Listar os impactos ambientais negativos observados nas nascentes e relacionar a parâmetros químicos de qualidade de água; e
- Cálculo do IQA (Índice de Qualidade de Água) das nascentes.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. Bacia Hidrográfica

Entende-se por bacia hidrográfica a superfície do terreno, drenada por um rio principal (talvegue) com seus afluentes e subafluentes. A bacia hidrográfica é usualmente definida como a área na qual ocorre a captação de água (drenagem) para um rio principal e seus afluentes devido às suas características geográficas e topográficas (Faustino, 1996). Compreende um espaço de terreno limitado pelas partes mais altas de montanhas, morros ou ladeiras, onde existe um sistema de drenagem superficial que concentra suas águas em um rio principal o qual está ligado ao mar, a um lago ou a outro rio maior (Porto *et al.*, 1999). Segundo Silva (1995), uma bacia hidrográfica evidencia a hierarquização dos rios, ou seja, a organização natural por ordem de menor volume para os mais caudalosos, que vai das partes mais altas para as mais baixas.

Os conceitos de bacia e sub-bacias se relacionam a ordens hierárquicas dentro de uma determinada malha hídrica (Fernandes e Silva, 1994). Cada bacia hidrográfica se interliga com outra de ordem hierárquica superior, constituindo, em relação à última, uma sub-bacia. Portanto, os termos bacia e sub-bacias hidrográficas são relativos.

Os principais elementos componentes das bacias hidrográficas de acordo com Porto *et al.* (1999) são:

- Divisores de água: cristas das elevações que separam a drenagem de uma e outra bacia;
- Fundos de vale: áreas adjacentes a rios ou córregos e que geralmente sofrem inundações;
- Sub-bacias: bacias menores, geralmente de algum afluente do rio principal;
- Nascentes: locais onde a água subterrânea brota para a superfície formando um corpo d'água;
- Áreas de descarga: locais onde a água escapa para a superfície do terreno, vazão;
- Recarga: local onde a água penetra no solo recarregando o lençol freático; e
- Perfis hidrogeoquímicos ou hidroquímicos: características da água subterrânea no espaço litológico.

As bacias hidrográficas são classificadas de acordo com o sistema e local de drenagem de suas águas, com o balanço hídrico, com o grau de concentração da rede de drenagem, quanto a sua ocupação territorial e de acordo com a zona hidrogeodinâmica (Matos e Zoby, 2004).

Quanto à caracterização, Lima (1986) explica que as bacias apresentam diferenças de forma, tamanho, componentes, recurso e população. As características de cada bacia determinam seu tipo, aptidão potencial, limitações e problemas, ajudando na identificação dos problemas presentes e seus potenciais, e as relações de causalidade que os determinam.

A necessidade de promover a recuperação ambiental e a manutenção de recursos naturais escassos como a água, fez com que, a partir da década de 70, o conceito de bacia hidrográfica passasse a ser difundido e consolidado no mundo, sendo então utilizada como unidade de planejamento (Rede das águas, 2008).

Para enfrentar problemas como poluição, escassez e conflitos pelo uso da água, urge reconhecer a bacia hidrográfica como um sistema ecológico, que abrange todos os organismos que funcionam em conjunto numa dada área. Entender como os recursos naturais estão interligados e são dependentes (Hennrich, 2010). É necessário reconhecer na dinâmica das águas que os limites geográficos para trabalhar o equilíbrio ecológico devem ser realizados baseando-se no limites da bacia hidrográfica, ou seja, o espaço territorial determinado e definido pelo escoamento, drenagem e influência da água, do ciclo hidrológico na superfície da Terra (Rede das águas, 2008).

3.1.1. Zona Hidrogeodinâmica

As características e distribuição dos solos dentro das bacias hidrográficas determinam, em função da sua capacidade ambiental de suporte, as diferentes alternativas para uso e ocupação sem comprometimento do meio ambiente, sobretudo a qualidade e quantidade de água em circulação dentro da respectiva bacia hidrográfica (Souza e Fernandes, 2000).

Ainda de acordo com os autores, a paisagem pode ser dividida em zonas hidrogeodinâmicas, como se segue:

- Zonas de recarga:

Os solos profundos e permeáveis localizados em áreas de relevo suave são fundamentais para abastecimento dos lençóis freáticos. Estas áreas, portanto, são denominadas de zonas de recarga e devem, dentro do possível, ser mantidas sob vegetação nativa. Nas diferentes bacias hidrográficas, estas áreas podem ser constituídas pelos topos de morros e chapadas.

- Zonas de erosão:

Imediatamente abaixo das áreas de recarga, se distribuem as vertentes em declives e comprimentos de rampas favoráveis a processos erosivos podendo ser acelerados pelo uso impróprio. Estas áreas, dentro das bacias hidrográficas, são denominadas zonas de erosão. Nestas áreas, o escoamento superficial tende a predominar sobre o processo de infiltração. Estas áreas são as principais contribuintes para o carreamento de sedimentos para os cursos d'água e reservatórios podendo causar assoreamento e elevação da turbidez das águas superficiais.

- Zonas de Sedimentações /Várzeas:

Zonas de sedimentação são os segmentos mais baixos das bacias hidrográficas conhecidas também como as planícies fluviais. Possuem considerável aptidão agropecuária. Apresentam riscos de inundação, inviabilizando muitas vezes a instalação de infraestrutura e residências. É nesse segmento que deve permanecer a vegetação ciliar de fundamental importância na contenção de sedimentos, erosão das margens entre outras funções.

3.1.2. Disponibilidade hídrica

Historicamente, verifica-se que a população rural, nas diversas formas de ocupação do território nacional, fundamentou sua economia no aproveitamento do potencial hídrico do solo, explorando de forma extensiva, tanto na agricultura como na pecuária. Diante do baixo nível tecnológico e organizacional dominante destas condições de uso e ocupação do campo, tem-se o extensivo desmatamento das bacias hidrográficas. A partir desse desmatamento tem origem o desenvolvimento dos processos erosivos do solo, o empobrecimento das pastagens nativas, a redução das reservas de água do solo, e conseqüentemente a queda progressiva da produtividade das atividades agropastoris (Rebouças, 2002).

Não há dúvida de que a água constitui elemento indispensável do meio ambiente. A sua presença, em maior ou menor quantidade, e/ou a distribuição das chuvas durante o ano, constitui um dos principais fatores para a caracterização dos diversos ambientes. Oceanos, rios, desertos ou florestas pluviais constituem algumas denominações que prontamente identificam o ambiente ou a paisagem, exclusivamente segundo a presença relativa de água

(Fracalanza, 2005). A simples questão da disponibilidade hídrica é responsável pela fisionomia dos ecossistemas, diversificando as paisagens e estabelecendo distintas formas de ocupação e de relacionamento entre as espécies que compõem um ambiente particular (Branco, 2002).

Segundo Salati *et al.* (2002), tanto a quantidade como a qualidade das águas sofre alterações em decorrência de causas naturais ou antrópicas. Entre as ações humanas, que podem alterar o balanço hídrico, destacam-se em escala local e regional o desmatamento, a mudança do uso do solo, os projetos de irrigação e a construção de barragens. Em relação à quantidade e a qualidade dos recursos hídricos, que escoam pelo canal principal de uma bacia hidrográfica em condições naturais, dependem do clima e das características físicas e biológicas dos ecossistemas que a compõem.

A interação contínua e constante entre a litosfera, a biosfera e a atmosfera acabam definindo um equilíbrio dinâmico para o ciclo da água, o qual define em última análise, as suas características e vazões (Faustino, 1996). Qualquer modificação nos componentes do clima ou da paisagem alterará a quantidade, a qualidade e o tempo de residência da água nos ecossistemas e, por sua vez, o fluxo da água e suas características no canal principal do rio (Costa, 2004).

3.2. Qualidade de água

Desde que o homem passou viver em sociedades organizadas e reconheceu a importância de controlar a disponibilidade de água potável, surgiram as primeiras tentativas da humanidade de modificar o ambiente natural. O desenvolvimento de atividades como a agricultura e a urbanização sempre estiveram ligadas ao controle da água. Civilizações do antigo Egito, da China, Índia e Mesopotâmia eram chamadas de civilizações hidráulicas. O mesmo acontece com a nossa sociedade. Todo desenvolvimento de regiões urbanizadas e rurais é definido de acordo com a disponibilidade das águas doces, ou seja, sua quantidade e qualidade (Rede das águas, 2008).

Segundo von Sperling (1996), qualidade da água é a somatória dos seguintes fatores:

- condições naturais: A incorporação de sólidos em suspensão ou dissolvidos ocorre mesmo nas condições naturais. Neste caso, com influencia da cobertura e composição do solo;
- interferência do homem: quer de forma concentrada, como na geração de despejos domésticos e industriais, ou de forma dispersa como na aplicação de defensivos agrícolas, sendo assim, a forma em que o homem ocupa o solo tem uma implicação direta na qualidade da água.

A qualidade da água de uma microbacia pode ser influenciada por diversos fatores e, dentre eles, estão o clima, a cobertura vegetal, a topografia, a geologia, bem como o tipo, o uso e o manejo do solo da bacia hidrográfica. Os vários processos que controlam a qualidade da água de determinado manancial fazem parte de um frágil equilíbrio, motivo pelo qual alterações de ordem física, química ou climática, na bacia hidrográfica, podem modificar a sua qualidade (Donadio *et al.*, 2005).

3.2.1. A água como um indicador da qualidade ambiental das bacias hidrográficas

A água é um recurso singular, pois além de servir a uma ampla gama de usos, possui também a qualidade de atuar como uma substância indicadora dos resultados da manipulação da terra pelo homem. Desta forma, a qualidade da água de uma bacia hidrográfica depende das suas interações no sistema, tanto no plano espacial quanto temporal (Souza, 1996).

A qualidade de cada corpo d'água está relacionada ao grau e modalidade de atividade humana dentro da bacia hidrográfica (EPA, 1988, *apud* Souza e Fernandes, 2009). O uso e ocupação das bacias hidrográficas refletem na qualidade e quantidade das águas superficiais e subterrâneas (Ranzini, 1990).

Bueno *et al.* (2005) ressaltam que os vários processos que controlam a qualidade de água de um rio fazem parte de um complexo equilíbrio, motivo pelo qual qualquer alteração na bacia hidrográfica pode acarretar alterações significativas, sendo as características físicas e químicas da água de um rio indicadores da “saúde” do ecossistema terrestre, que podem

ser utilizadas para o controle e o monitoramento das atividades desenvolvidas em uma bacia hidrográfica.

3.3. Poluição hídrica

A poluição hídrica pode ser definida como qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico, capaz de ultrapassar os padrões estabelecidos para a classe, conforme o seu uso preponderante. Considera-se a ação dos agentes: físicos materiais (sólidos em suspensão) ou formas de energia (calorífica e radiações); químicos (substâncias dissolvidas ou com potencial solubilização); biológicos (microorganismos) (Giordano, 2003).

Portugal (1996) definiu como poluição hídrica qualquer alteração das suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, que possa prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar das populações, causar dano à flora e à fauna, ou comprometer o seu uso para fins sociais e econômicos. De acordo com Silveira e Sant'Ana (1990), a poluição altera a condição natural da água pela introdução de elementos indesejáveis, subprodutos das atividades humanas, sendo atualmente encarada sob dois aspectos: o ecológico e o sanitário.

A poluição das águas é proveniente de várias origens, como poluição industrial (efluentes não tratados), insumos agrícolas (agrotóxicos ou excesso de adubo), poluição térmica, esgoto doméstico, etc. O despejo de esgoto doméstico acarreta a eutrofização dos cursos d'água, ou seja, excesso de nutrientes (compostos químicos ricos em fósforo ou nitrogênio) numa massa de água, provocando um aumento excessivo de biomassa, comprometendo os níveis de oxigênio e alterações no ecossistema. O lançamento de esgotos nos rios acarreta ainda a propagação de doenças causadas por vermes, bactérias e vírus (Ecoambiental, 2010).

3.3.1. Análise de água

A forma de avaliar a qualidade da água é através das análises físico-químicas e microbiológicas realizadas por laboratórios especializados. No Brasil, existem padrões de potabilidade regidos por portarias e resoluções legais, que dão subsídios aos laboratórios na expedição de seus laudos (Roma, 2008).

Para caracterizar uma água, são determinados diversos parâmetros, os quais representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são indicadores da qualidade da água e constituem impurezas quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso. Os principais indicadores de qualidade da água são separados sob os aspectos físicos, químicos e biológicos (Brasil, 2006).

De acordo com Arcova e Cicco (1999) estes diversos aspectos podem ser reportados em termos de suas características físicas, químicas e biológicas, definidas a seguir:

- Características físicas: as impurezas físicas estão associadas em sua maior parte aos sólidos presentes. Estes podem ser sólidos em suspensão, coloidais ou dissolvidos, dependendo do seu tamanho. Também se enquadra como característica de natureza física, a temperatura da água.
- Características químicas: são interpretadas pela classificação da matéria em duas classes: matéria orgânica e matéria inorgânica, e pelo seu potencial hidrogeniônico (pH).
- Características biológicas: incluem as contaminações por organismos vegetais como algas (verdes, azuis, diatomáceas), bactérias (saprófitas e patogênicas), leveduras, fungos e vírus. Os organismos animais estão representados pelos protozoários e vermes.

3.4. Nascentes

As nascentes, também conhecidas por olhos ou fios d'água, minas d'água, cabeceiras e fontes, são os pontos na superfície do terreno de onde escoam a água proveniente de lençóis subterrâneos. São basicamente as responsáveis pela produção de água, que circula pela superfície, e, como têm origem nos lençóis, suas vazões dependem da quantidade de água armazenada nos mesmos, que, por sua vez, depende da quantidade de água da chuva que infiltra e percola até eles (Valente e Dias, 2001).

As nascentes localizam-se em encostas ou depressões do terreno ou ainda no nível de base representado pelo curso d'água local; podem ser perenes (de fluxo contínuo), temporárias (de fluxo apenas na estação chuvosa) e efêmeras (surgem durante a chuva, permanecendo por apenas alguns dias ou horas) (Pinto, 2003).

A nascente ideal é aquela que fornece água de boa qualidade, abundante e contínua, localizada próxima do local de uso e de cota topográfica elevada, possibilitando sua

distribuição por gravidade, sem gasto de energia. Além da quantidade de água produzida pela nascente, é desejável que tenha boa distribuição no tempo, ou seja, a variação da vazão situe-se dentro de um mínimo adequado ao longo do ano (Valente e Gomes, 2005).

3.5. Mata ciliar

Mata ciliar é a formação vegetal nas margens dos rios, córregos, lagos, represas e nascentes. Também é conhecida como mata de galeria, mata de várzea, vegetação ou floresta ripária. As matas ciliares são sistemas vegetais essenciais ao equilíbrio ambiental e, portanto, devem representar uma preocupação central para o desenvolvimento rural sustentável (Rodrigues, 2001). A preservação e a recuperação das matas ciliares, aliadas às práticas de conservação e ao manejo adequado do solo, garantem a proteção de um dos principais recursos naturais: a água (Rizzo, 2008).

As matas ciliares possuem um alto poder de absorver e adsorver, funcionando como filtros das lâminas de água que correm, das partes mais altas em direção aos cursos d'água. A serapilheira e o sistema radicular destas matas retêm sedimentos e substâncias que poderiam provocar assoreamento, eutrofização e poluição dos cursos d'água (Martins e Dias, 2001).

De acordo com Rodrigues (2001), as matas ciliares são fundamentais para o equilíbrio ecológico, oferecendo proteção para as águas e o solo, reduzindo o assoreamento de rios, lagos e represas e impedindo o aporte de poluentes para o meio aquático. Formam, além disso, corredores que contribuem para a conservação da biodiversidade; fornecem alimento e abrigo para a fauna; constituem barreiras naturais contra a disseminação de pragas e doenças da agricultura; e, durante seu crescimento, absorvem e fixam dióxido de carbono, um dos principais gases responsáveis pelas mudanças climáticas que afetam o planeta.

3.5.1. Áreas de Preservação Permanente - APP

Segundo a Lei Federal 4.771/65, alterada pela Lei 7.803/89 e a Medida Provisória n.º 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, *“Consideram-se de preservação permanente, pelo efeito de Lei, as áreas situadas nas nascentes, ainda que intermitentes e nos chamados*

“olhos d’água”. Qualquer que seja a sua situação topográfica devem ter um raio mínimo de 50 (cinquenta) metros de largura.”

Segundo os Artigos 2.º e 3.º dessa Lei, *“A área protegida pode ser coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.”*

O conceito de APP emerge do reconhecimento da importância da manutenção da vegetação de determinadas áreas – as quais ocupam porções particulares de uma propriedade. A importância reside não apenas para os legítimos proprietários dessas áreas, mas, em cadeia, também para os demais proprietários de outras áreas de uma mesma comunidade, de comunidades vizinhas, e, finalmente, para todos os membros da sociedade (Ribeiro, 1998). Assim, toda a vegetação natural (arbórea ou não) presente ao longo das margens dos rios e ao redor de nascentes e de reservatórios, por lei, deve ser preservada (Barbosa, 1999).

No meio rural, as APPs assumem importância fundamental no alcance do desenvolvimento sustentável. Tomando como exemplos as APPs mais comumente encontradas no ambiente rural, como as áreas de encostas acentuadas, as matas ciliares marginais de córregos, rios e reservatórios, bem como áreas próximas às nascentes, é possível apontar uma série de benefícios ambientais decorrentes da manutenção dessas áreas (Skorupa, 2003).

3.6. Cobertura e ocupação do solo

A ocupação desordenada e sem critérios básicos de planejamento, associada às práticas de uso do solo inadequadas e deficientes, tem causado fenômenos de degradação ambiental por processos erosivos, principalmente pela concentração das águas de escoamento superficial e pela intervenção antrópica indiscriminada (Paiva *et al.*, 2003).

As constantes mudanças no uso do solo provocam significativas alterações no balanço de água, com reflexos nas camadas superficiais e subsuperficiais, ocorrendo erosão, transporte de sedimentos e elemento químicos, causando modificações no sistema ecológico e na qualidade da água (Bolin e Cooh, 1983, *apud* Toledo, 2001). De acordo com Lima (1986),

o uso da terra exerce significativa influência sobre a infiltração do solo e esta pode ser modificada pelo homem por intermédio de seus programas de manejo.

Da água que chega até a superfície do solo, parte é infiltrada (entra no perfil de solo) e parte pode escoar superficialmente. A água infiltrada irá se redistribuir ao longo do perfil de solo. Simultaneamente à entrada de água no solo, a água pode estar sendo evaporada pela superfície ou retirada do solo pelas raízes e transpirada pelas folhas do dossel. A água pode ainda descer o perfil de solo e chegar ao lençol freático (Martins e Dias, 2001).

Silva *et al.* (2000), explicam que quando existe uma cobertura vegetal sobre o solo, a água da chuva é primeiramente interceptada pelo dossel. Esta água interceptada pode então ser evaporada. Sob condições naturais, as copas das árvores, a vegetação de sub-bosque e, principalmente, a serapilheira de uma floresta fazem o papel de “amortecedores” da energia cinética contida na gota d’água da chuva. Impedindo, assim, o contato direto entre a gota d’água e as partículas do solo evitando o primeiro processo erosivo por salpicamento.

O processo de urbanização crescente provoca modificações no meio ambiente, alterando suas características originais. Uma destas alterações é a impermeabilização do solo, que ocorre através da cobertura total ou parcial com materiais que impedem que a água precipitada infiltre no solo. São exemplos de áreas impermeáveis as ocupadas por obras civis, como edificações, vias públicas, calçadas públicas, telhados de casas, indústrias (Rocha, 1997). Para Fendrich e Iwasa (1998), o crescimento populacional acelerado e os avanços da urbanização podem provocar impactos ambientais, que modificam profundamente as condições naturais de uma determinada região. O desenvolvimento urbano produz aumento significativo na frequência de inundações, na produção de sedimentos e na deterioração da qualidade da água.

Com o despertar de uma agricultura intensiva, na qual o número de máquinas que trafegam em uma área é grande, o cultivo é feito muito mais à base de um planejamento temporal do que visando à conservação dos recursos edáficos. O problema da compactação vem aparecendo sistematicamente em extensas regiões do país, mostrando seus efeitos comprometedores à boa produtividade agrícola. Além disso, a monocultura, queimadas e o uso abusivo de fertilizantes e herbicidas ocasionam a contaminação do solo (Camargo, 2006).

A contaminação dos solos dá-se principalmente por resíduos sólidos, líquidos e gasosos, águas contaminadas, efluentes sólidos e líquidos, efluentes provenientes de atividades agrícolas, etc. Assim, pode-se concluir que a contaminação do solo ocorrerá sempre que houver adição de compostos ao solo, modificando suas características naturais e as suas utilizações, produzindo efeitos negativos (Camargo, 2006).

A agricultura sustentável é vista como a melhor prática de conservação e manejo dos solos. Os objetivos de uma agricultura sustentável envolvem o desenvolvimento de sistemas agrícolas que sejam produtivos, conservem os recursos naturais, protejam o ambiente e melhorem as condições de saúde e segurança em longo prazo (Rocha, 1997).

De acordo com Guimarães (2000), o mapeamento dos solos faz-se obrigatório em um estudo ambiental, à medida que tal estudo requer o conhecimento da dinâmica natural de evolução do meio ambiente e de seu potencial de utilização.

3.7. Avaliação de impacto ambiental

Entende-se por impacto ambiental a alteração no meio ou em algum de seus componentes por determinada ação ou atividade. Estas alterações precisam ser quantificadas, pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas. Considera-se qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais. Lembrando que impacto não é dano, podendo então o impacto ser positivo ou negativo (Conama, 1986).

Segundo a Norma ISO 14001, impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização. Juridicamente, o conceito de impacto ambiental refere-se exclusivamente aos efeitos da ação humana sobre o meio ambiente. Portanto, fenômenos naturais como tempestades, enchentes, incêndios florestais por causa natural, terremotos e outros, apesar de provocarem as alterações ressaltadas não caracterizam um impacto ambiental (ABNT, 1996).

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) constitui um instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimentos capazes de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta (projeto, programa, plano ou política) e de suas alternativas. E cujos resultados sejam apresentados de forma adequada ao público e aos responsáveis pela tomada da decisão, e por eles considerados. Além disso, os procedimentos devem garantir adoção das medidas de proteção do meio ambiente, determinada no caso de decisão da implantação do projeto (Moreira, 1985).

Ainda segundo o autor, o “Estudo de Impacto Ambiental” (EIA) é um instrumento constitucional da Política Ambiental um dos elementos do processo de avaliação de impacto ambiental. Trata-se da execução, por equipe multidisciplinar, das tarefas técnicas e científicas destinadas a analisar, sistematicamente, as consequências da implantação de um projeto no meio ambiente, por métodos de AIA e técnicas de previsão dos impactos ambientais. O estudo de impacto deverá sempre considerar:

- Meio físico: O subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos de água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas.
- Meio biológico: Os ecossistemas naturais - a fauna e a flora - destacando as espécies indicadoras da qualidade ambiental, de valor científico e econômico, raras e ameaçadas de extinção e as áreas de preservação permanente.
- Meio sócio-econômico: O uso e ocupação do solo, os usos da água e a sócio-economia, destacando os sítios e monumentos arqueológicos, históricos e culturais da comunidade, as relações de dependência entre a sociedade local, os recursos ambientais e o potencial de utilização desses recursos.

Um dos países pioneiros na determinação de dispositivos legais para a definição de objetivos e princípios da política ambiental foram os Estados Unidos. O que se deu por meio da Lei Federal denominada "*National Environment Policy Act - NEPA*" aprovada em 1969. Desta forma, passou-se a exigir que todos os empreendimentos com potencial impactante procedessem, dentre outras obrigações: (a) a identificação dos impactos ambientais, (b) a caracterização dos efeitos negativos e (c) a definição de ações e meios para mitigação dos impactos negativos (Cláudio, 1987).

No Brasil, a nível federal, o primeiro dispositivo legal associado à Avaliação de Impactos Ambientais deu-se por meio da aprovação Lei Federal 6.938, de 31.08.1981. Esta Lei estabelece a Política Nacional do Meio Ambiente e firma o SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente como órgão executor. O SISNAMA é constituído pelos órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Municípios e pelas Fundações instituídas pelo Poder Público (Smerman, 1998).

4.0. Referências

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14001- Sistemas de gestão ambiental- Especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro, out. 1996.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. Scientia Forestalis, Piracicaba, v.5, n.6, p.125-134, 1999.

BARBOSA, L.M. Implantação de mata ciliar. In: Simpósio mata ciliar ciência e tecnologia, 1999, Belo Horizonte. Anais... Lavras: UFLA/FAEPE/CEMIG. 1999, p.111-135

BRANCO, S. M. Água, Meio Ambiente e Saúde. In águas doces do Brasil. p. 227- 248. 2^a ed. São Paulo Escrituras Editora. 2002. 703 p.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. Manual prático de análise de água. 2^a ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2006. 146 p.

BRASIL. Lei nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Disponível em <www.planalto.gov.br/CCIVL/Códigos/novo_codi.htm>. Acesso em: 3 de junho de 2009.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do horto Ouro Verde - Conchal – SP. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.3, p.742-748, set./dez. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n3/28070.pdf>>. Acesso em: 20 de Junho de 2008.

CALHEIROS, R. de Oliveira; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V.; CALAMARI, M. Preservação e Recuperação das Nascentes: de água e de vida. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ. Piracicaba - SP: CTRN, 2004.

CAMARGO de, O. A.; Alleoni, L.R.F. Conceitos Gerais de Compactação do solo. 2006. Artigo em Hipertexto. Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/Comp1.htm>>. Acesso em: 31 de Maio de 2010.

CLAUDIO, C. F. B. R. Implicações da avaliação de impacto ambiental. Ambiente, v. 1, p. 159-162, 1987.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986, publicado no D. O. U. de 17.2.86. <www.mma.gov.br/por/conama/res/res/86/res0186.html> Acesso em: 03 de Junho de 2008.

COSTA, S. S. B. Estudo da bacia do Ribeirão Jaguará - MG, como base para o planejamento da conservação e recuperação das nascentes e matas ciliares. 2004. 235 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DONADIO, N. M. M; GALBIATTI, J. A.; PAULA, R. C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, SP. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.115-125, jan./abr. 2005. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v25n1/24877.pdf>>. Acesso em: 20 de Outubro de 2009.

ECOAMBIENTAL, disponível em <www.ecoambiental.com.br>. Acesso em: 20 de Outubro de 2010.

FAUSTINO, J. Planificación y gestión de manejo de cuencas. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FENDRICH, R; IWASA, O. Y. (1998). Controle da Erosão Urbana. PP. 272-281. In: Oliveira, A. M. S. & Brito, S. N. A. (org.) Geologia de Engenharia. ABGE, São Paulo.

FERNANDES, M.R. e SILVA, J. C. Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias - Belo Horizonte: EMATER- MG. 1994. 24p.

FRACALANZA, A. P. Água: De elemento natural a mercadoria. Sociedade & Natureza, Uberlândia 17(33): 21-36, dez. 2005. Disponível em <www.sociedadennatureza.ig.ufu.br/include/getdoc.php>. Acesso em: 25 de Abril de 2010.

GIORDANO, G. Saneamento Básico e Tratamento de Efluentes. Apostila UERJ, Rio de Janeiro, 2003. 71p.

GUIMARÃES, L. T. Utilização do sistema de informação geográfica (SIG) para identificação de áreas potenciais para disposição de resíduos na bacia do Paquequer, município de Teresópolis – RJ. 2000. 163 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <<http://www.labgis.uerj.br/publicacoes/lucy/index.htm>>. Acesso em: 09 de Outubro de 2009.

HENNRICH, I. Inter-relação entre as políticas públicas e o consumo de água não tratada nas comunidades de Santa Rosa e São Pedro no município de Porto União-SC. 2010. 103 p. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade do Contestado, Canoinhas, SC.

IGAM. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br>>. Acesso em: 01 de setembro de 2009.

LEI FEDERAL nº 7.803/89. Altera a redação da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis nº 6.535, de 15 de julho de 1978 e 7.511, de 7 de julho de 1986. Brasília, DF. 1989.

LEI nº 9433/97. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF. 1997.

LIMA, W. P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba, SP: ESALQ, 1986. 242 p. Texto básico para a disciplina “Manejo de Bacias Hidrográficas”.

MARTINS, S.V.; DIAS, H.C.T. Importância das Florestas para a Qualidade e Quantidade da Água. Revista Ação Ambiental, Viçosa-MG. Editora UFV, ano IV, n.20, 2001.

MATOS, B. A.; ZOBY, J. L. G. Disponibilidade hídrica quantitativa e usos consuntivos. Projeto de gerenciamento integrado das atividades em terra na bacia do São Francisco. Subprojeto 4.5C– Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco-PBHSF. 2004. 113 p.

MOREIRA, I. V. D. Avaliação de Impacto Ambiental – AIA. Rio de Janeiro, FEEMA, 1985.

MULLER, A. C. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: Makron Books, 1996.

PAIVA, C.F.E.; OLIVEIRA, C.S.; VENDRAME, I.S.; AULICINO, S.C.M. Estimativa das perdas de solo por erosão hídrica na bacia do rio uma Taubaté-SP com o emprego de sensoriamento remoto. In: INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Anais... São José dos Campos: INPE, 2003.

PINTO, L. V. A. Caracterização física da bacia do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes. 2003. 165 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

PORTO, R. L. L.; FILHO, K. Z.K.; SILVA, R. M. Introdução à Hidrologia – Ciclo hidrológico e balanço hídrico. Hidrologia aplicada- PHD 307, São Paulo – SP, v.n. 1999. 35p. Disponível em <http://www.ufmt.br/ppgrh/ementas/rh/Apostila_Bacias_Hidrograficas-USP.pdf>. Acesso em: 12 de Março de 2010.

PORTUGAL, G. 1996. Rio Paraíba do Sul ou Baía da Guanabara? Disponível em: <<http://www.gpca.com.br/Gil/art105.htm>>. Acesso em: 05 de Junho de 2009.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO BRANCO. Diagnóstico Plano diretor participativo. Secretaria Municipal de Planejamento 2006.

RANZINI, M. Balanço hídrico, ciclagem geoquímica de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com Eucaliptus saligna Smith, no Vale do Paraíba, SP. Piracicaba: ESALQ, 1990. 99p. (Dissertação - Mestrado em Ciências Florestais).

REBOUÇAS, A. C. Água doce no mundo e no Brasil. p. 1-36. In: Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação/ organizadores: Aldo da Cunha Rebouças, Benedito Braga, Jose Galizia Tundisi. 2. ed. são Paulo: Escrituras Editora, 2002. 703 p.

REDE DAS ÁGUAS. Disponível em: <http://www.rededasaguas.org.br/bacia/bacia_02.asp>. Acesso em: 01 de Setembro de 2008.

RIBEIRO, J.F. Cerrado: matas de galeria. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1998. 164p

RIZZO, M. R. A efetiva participação do setor público na recuperação e manutenção das matas ciliares. ANAP Brasil Revista Científica, 2008. 15 p. Disponível em: <<http://www.amigosdanatureza.org.br/revista/artigos/bf3d8beaeb5f5310a68fd548bd5ee260.pdf>>. Acesso em: 02 de junho de 2010.

ROCHA, J.S.M. Manual de projetos ambientais. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 1997. 423p.

ROMA, T.N.D. Avaliação quali-quantitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em suas áreas de recarga. (Monografia de conclusão de curso em Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, Inconfidentes, MG. 151p, 2008.

RODRIGUES, Ricardo Ribeiro; Leitão Filho, Hermogenes. Matas ciliares: conservação e recuperação. São Paulo: EDUSP, 2001.

SALATI, E.; LEMOS, H. M.; SALATI, E. Água e o desenvolvimento sustentável. In: REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Eds.) Águas doce do Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. 2. ed. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros, 2002. p. 39-63.

SKORUPA, L.A. Áreas de Preservação Permanente e Desenvolvimento Sustentável. Jaguariúna: EMBRAPA – Meio Ambiente, 2003. 04p.

SMERMAN, W. Curso: Gestão em auditoria e perícia ambiental - Disciplina: Avaliação de impactos ambientais e licenciamento ambiental. Faculdade de Ciências contábeis e de Administração do Vale do Juruena – AJE, 1998. 18 p. Disponível em: <<http://www.ajes.edu.br/arquivos/20081014100846.pdf>>. Acesso em: 03 de Junho de 2009.

SILVA, A.M. Princípios Básicos de Hidrologia. Departamento de Engenharia. UFLA. Lavras - MG. 1995.

SILVA, M.L.N.; CURI, N.; LIMA, J.M. de; FERREIRA, M.M. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de latossolos brasileiros. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.6, p.1207-1220, jun. 2000.

SILVEIRA, S. S. B.; SANT'ANA, F. S. P. Poluição Hídrica. In: MARGULIS, S. (ed.) Meio Ambiente: Aspectos Técnicos e econômicos. Rio de Janeiro: IPEA/PNUD, 1990.

SOUZA, E.R. Alterações físico-químicas no deflúvio de três sub-bacias hidrográficas decorrentes da atividade agrícola. Lavras: UFLA, 1996. 91p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal / Manejo Ambiental).

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

TOLEDO, A. M. A. Evolução espaço-temporal da estrutura da paisagem e sua influência na composição química das águas superficiais dos ribeirões Piracicamirim e Cabras (SP).

2001. 94 p. Dissertação (Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, SP.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras. Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2005. 210 p.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2. ed. Belo Horizonte: 1996.

VALENTE, O.F; DIAS, H.C.T. A bacia hidrográfica como unidade de produção de água. Viçosa, Revista Ação Ambiental, Viçosa, v.4, n.20, p.8-9, 2001.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DE MICROBACIAS DO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO, MG, E CLASSIFICAÇÃO DE SUAS NASCENTES.

Resumo

O objetivo deste estudo foi a caracterização física de microbacias e classificação de nascentes selecionadas do município de Ouro Branco, MG, localizado na região do Alto Paraopeba. As microbacias estudadas foram córrego do Ferreira, ribeirão Ouro Branco, Córrego Pau Grande, Córrego da Geada e ribeirão da Colônia. A descrição do meio físico foi realizada através de observação *in loco* e análise morfométrica, pelo levantamento detalhado de mapas topográficos IBGE dos quais se extraiu dados os quais foram aplicados em fórmulas, obtendo os parâmetros morfométricos. As nascentes foram classificadas quanto ao regime de escoamento e perenidade do fluxo d'água, e foram feitas medidas de vazão. Os resultados revelaram que as características morfológicas das bacias estão relacionadas à sua composição geológica e litológica, geográfica e pela ocupação antrópica; e que os períodos de amostragem (estação seca e chuvosa) têm influência na vazão das nascentes.

Abstract

The objective of this study was the physical characterization of microbasins and classification of springs selected of the Ouro Branco city, MG, located in the region of the High Paraopeba. The studied microbasins had been Stream of Ferreira, Brook Ouro Branco, Stream Pau Grande, Stream of Geadá and Brook of Colônia. The description of the environment was carried through comment *in loco* and morfometrics analysis, for the detailed survey of topographical maps IBGE of which if it extracted given which had been applied in formulas, getting the morfometrics parameters. The springs had been classified how much to the regimen of draining and perenidade of the water flow, and had been made measured of outflow. The results revealed that the morphological characteristics of the basins are related to their geological and lithological composition, geographical and human occupation, and that the sampling periods (dry and rainy seasons) have influence on the flow of the springs.

3.3. Introdução

O município de Ouro Branco, MG, está inserido em um conjunto de relevo esculpido em antigas formações dobradas, fortemente dissecado pela erosão, rebaixado na parte central e com bordas elevadas, onde há ocorrência de serras. Em função das características do relevo, várias nascentes fazem-se presentes na área do município, contribuindo de maneira expressiva na manutenção do regime hídrico dos córregos e afluentes (Prefeitura Municipal de Ouro Branco, 2006).

Os principais componentes das bacias hidrográficas (solo, água, vegetação e fauna) coexistem em permanente e dinâmica interação respondendo às interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e aquelas de natureza antrópica (uso/ocupação da paisagem), afetando os ecossistemas como um todo. Nesses compartimentos naturais - bacias/sub-bacias hidrográficas, os recursos hídricos constituem indicadores das condições dos ecossistemas no que se refere aos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes (Souza e Fernandes, 2000).

Para avaliar o possível efeito de qualquer perturbação numa bacia hidrográfica, é necessário conhecer, inicialmente, as características do ecossistema em suas condições naturais de equilíbrio, a fim de estabelecer comparações entre as condições hidrológicas e de qualidade da água no ecossistema natural e os ecossistemas nos quais ocorre ação direta do homem. (Anido, 2002).

Segundo Antonelli e Thomaz (2007), a combinação dos diversos dados morfométricos permite a diferenciação de áreas homogêneas. Estes parâmetros podem revelar indicadores físicos específicos para um determinado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais.

O presente capítulo tem como objetivo a caracterização física de 05 (cinco) sub-bacias selecionadas do município de Ouro Branco, MG: Córrego do Ferreira, ribeirão Ouro Branco, Córrego Pau Grande, Córrego da Geada e ribeirão da Colônia. Inicialmente descreve-se o meio físico e através de análise morfométrica, serão caracterizados os parâmetros: densidade hidrográfica, densidade de drenagem, índice de sinuosidade, entre

outros, e a classificação de suas nascentes. Tais parâmetros explicitam os indicadores físicos da bacia, caracterizando suas homogeneidades para o entendimento da dinâmica ambiental local.

3.4. Material e Métodos

3.4.1. Localização da área de estudo

Localizado na região do Alto Paraopeba, o município de Ouro Branco (Figura 2.1) dista da capital mineira cerca de 116km. Com uma área total de 260,77km², o município apresenta, em sua maior parte, um relevo ondulado, emoldurado a norte pelo maciço da Serra de Ouro Branco. Sua população em 2000, segundo dados do IBGE, contava com cerca de 30.313 mil pessoas, sendo 4.074 na área rural (Prefeitura Municipal de Ouro Branco, 2006).



Figura 2.1 - Localização do município de Ouro Branco no estado de Minas Gerais, sem escala. **Fonte: IBGE (2009)**

O município está inserido na porção sul da unidade geológica do Quadrilátero Ferrífero. As rochas presentes são, em sua maioria, de origem metamórfica ou sedimentar dentre as quais se podem citar: filitos, quartzitos, dolomitos, itabiritos, xistos dentre outras. Os quartzitos ocorrem predominantemente na Serra do Ouro Branco. Quando intemperizados formam solos muito arenosos e pobres para a agricultura (Paula *et al.*, 2004).

O principal condicionante do relevo é a Serra do Ouro Branco, caracterizada por um extenso paredão abrupto ao sul que se suaviza ao norte, evidenciando as estreitas relações da serra com os processos de elaboração do relevo (Prefeitura Municipal de Ouro Branco, 2006).

Predominam duas classes de solos: Latossolo e Cambissolo; e o clima predominante segundo Köppen é o Tropical de Altitude (Cwa).

O sistema de drenagem do município integra duas importantes bacias hidrográficas brasileiras, a do Rio São Francisco e a do Rio Doce e também, duas importantes bacias hidrográficas mineiras, a do Rio Paraopeba (afluente do Rio São Francisco) e a do Rio Piranga (afluente do Rio Doce). O divisor de águas destas duas bacias está presente na área do município (Terra Brasilis, 2006).

A sub-bacia do ribeirão Ouro Branco e seus afluentes, localizados na porção oeste do município estão inseridos na Sub-bacia do Rio Maranhão importante afluente do Rio Paraopeba que, por sua vez, deságua no Rio São Francisco. Integram a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) do Rio Paraopeba (SF3) (Figura 2.2), integrante do Comitê Bacia do São Francisco (SF) (IGAM, 2009).

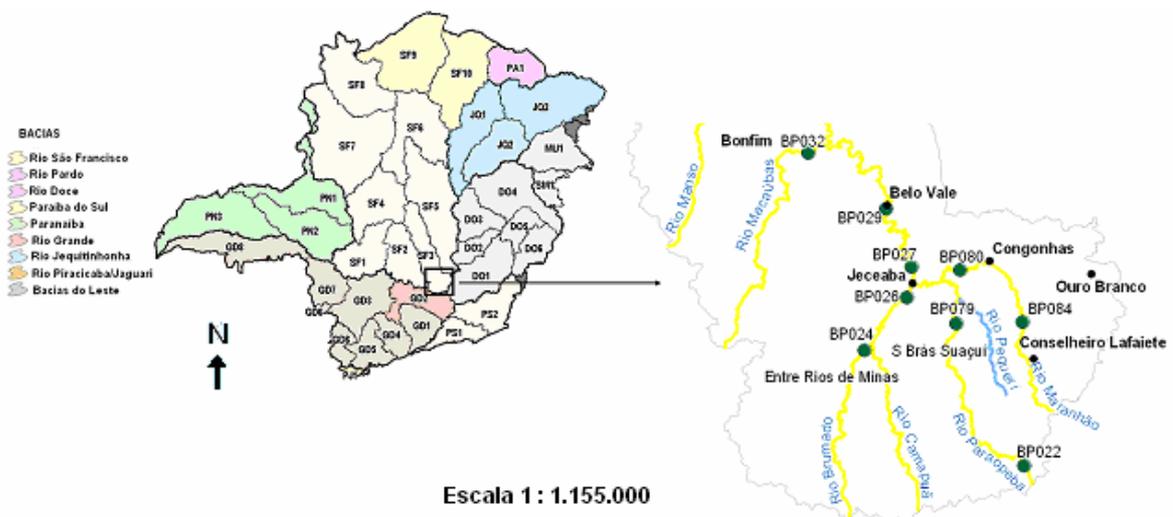


Figura 2.2 - Localização do município na unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos. **Fonte:** IGAM (2009) **modificado pela autora.**

3.4.2. Metodologia

Neste trabalho, foram estudadas 05 (cinco) microbacias, cada uma apresentando diferentes tipos de uso e ocupação do solo. São elas: córrego do Ferreira, ribeirão Ouro Branco, córrego Pau Grande, córrego da Geada e ribeirão da Colônia (Figura 2.3).

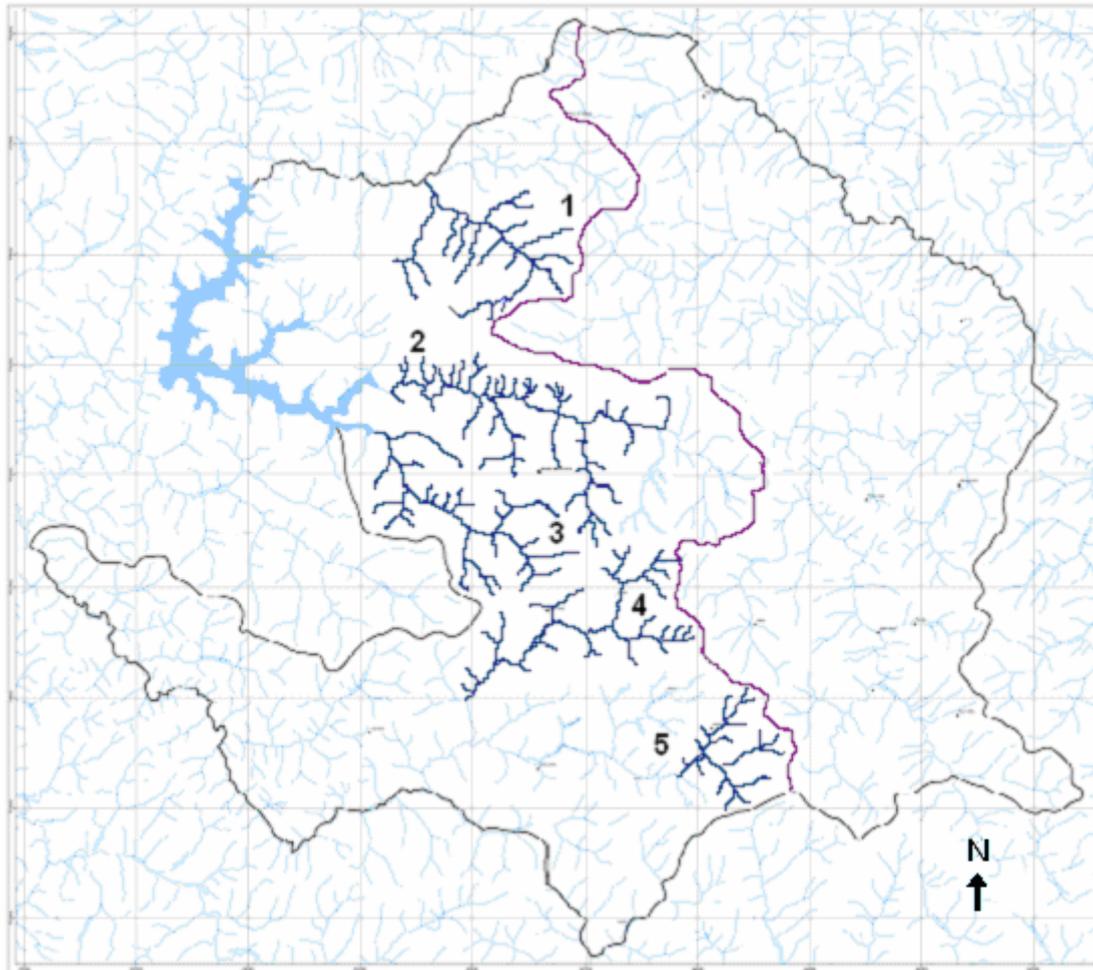


Figura 2.3 - Hidrografia do município e microbacias selecionadas para estudo: 1 - Ribeirão da Colônia, 2 - Ribeirão Ouro Branco, 3 - Córrego do Ferreira, 4 - Córrego Pau Grande, e 5 - Córrego da Geada. Em destaque lilás, o divisor de bacias. (Sem escala).

Fonte: IBGE, adaptado pela autora.

Para estudo das nascentes, selecionaram-se: 03 (três) nascentes na zona urbana de Ouro Branco, sendo 02 (duas) pertencentes à bacia do córrego do Ferreira e 01 (uma) do ribeirão Ouro Branco; outras 03 (três) na zona rural do município, sendo 02 (duas) localizadas na

bacia do córrego Pau Grande e 01 (uma) no córrego da Geada; 02 (duas) localizadas em área de proteção ambiental na forma de uma RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural), também integrante da bacia do ribeirão Ouro Branco, e 02 (duas) na Serra do Ouro Branco, pertencentes à bacia do ribeirão da Colônia, totalizando 10 (dez) nascentes distribuídas nas 05 (cinco) bacias.

As nascentes foram selecionadas na forma de amostragem estratificada por estarem distribuídas pelo município e serem representativas de suas condições, e pela acessibilidade.

3.4.3. Determinação dos parâmetros morfométricos

A metodologia utilizada constou do levantamento detalhado de mapas topográficos IBGE, em escalas 1:25.000 e 1:50.000, folhas SF 23-X-A-VI-2 e SF-23-X-A-III-4 (cartas Ouro Branco e Ouro Preto), nas quais foram delimitadas as bacias hidrográficas selecionadas e extraídos dados como: ordem de canais, número de canais, perímetro total da bacia, altitudes máxima e mínima, dimensão do perfil longitudinal total, e área total da bacia.

As características e fórmulas para obtenção dos parâmetros morfométricos estão apresentadas a seguir:

Características geométricas

a) Fator de forma: Relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). O fator de forma pode ser descrito pela seguinte equação (Villela e Mattos 1975):

$$F = \frac{A}{L^2}$$

Sendo: F = fator de forma; A = área de drenagem e L = comprimento do eixo da bacia.

Equação (2.1): Fator de forma da bacia

b) Índice de circularidade: O índice de circularidade tende para unidade à medida que a bacia aproxima-se a forma circular e diminui à medida que a forma torna alongada, segundo a equação (Cardoso *et al.*, 2006):

$$IC = \frac{12,57 \times A}{P^2}$$

Sendo: IC = índice de circularidade; A = área de drenagem e P = perímetro

Equação (2.3): Índice de circularidade

c) Densidade hidrográfica: Relação existente entre o número de rios ou cursos d'água e a área da bacia hidrográfica:

$$Dh = \frac{N}{A}$$

Sendo: Dh = densidade hidrográfica; N = número de rios ou cursos d'água e A = área de drenagem.

Equação (2.4): Densidade hidrográfica

A finalidade deste índice é comparar a frequência ou a quantidade de cursos d'água existentes em uma área de tamanho padrão (Christofolleti, 1969).

Características de relevo

Amplitude altimétrica: é a variação entre a altitude máxima e altitude mínima. A variação de altitude associa-se com a precipitação, evaporação e transpiração (Hein, 2000).

Características da rede de drenagem

a) Ordem dos cursos d'água: Classificação de determinado curso d'água (ou da área drenada que lhe pertence) no conjunto total da bacia hidrográfica na qual se encontra. A metodologia utilizada é a de Strahler (1952) *apud* Christofolleti (1978), onde os menores canais sem tributários são considerados de primeira ordem; os canais de segunda ordem surgem da confluência de dois canais de primeira ordem, e só recebem afluentes de primeira ordem; os canais de terceira ordem surgem da confluência de dois canais de segunda ordem, assim sucessivamente.

b) Densidade de drenagem: A densidade de drenagem correlaciona o comprimento total dos canais ou rios com a área da bacia hidrográfica. Foram medidos todos os cursos d'água, e calculou-se pela seguinte equação (Horton, 1945 *apud* Christofolleti, 1969):

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Sendo: Dd = densidade de drenagem; L = comprimento total dos rios ou canais e A = área de drenagem.

Equação (2.5): Densidade de drenagem

c) Índice de sinuosidade: Relação entre o comprimento do canal principal e a distância vetorial entre os extremos do canal (Alves *et al.*, 2003), dado como:

$$Is = \frac{L}{Dv}$$

Sendo: Is = índice de Sinuosidade; L = comprimento do canal principal e Dv = distância vetorial do canal principal.

Equação (3.6): Índice de sinuosidade

3.4.4. Informações das nascentes

Em campo, as nascentes selecionadas foram georreferenciadas, com GPS (Global Position System) modelo Garmim 60, e observadas características para sua classificação.

Classificação das nascentes

Castro (2001) classifica as nascentes quanto ao regime de disponibilidade de água, e quanto ao tipo de afloramento, conforme descrito a seguir:

Quanto ao regime de águas, as nascentes são classificadas em perenes por apresentarem um fluxo contínuo, inclusive na estação seca; em intermitentes (temporárias) por apresentarem fluxo durante a estação das chuvas e em efêmeras, por surgirem durante uma chuva, permanecendo alguns dias e desaparecendo em seguida.

Quanto ao tipo de reservatório a que estão associadas às nascentes são classificadas em pontuais ou difusas. Pontuais são aquelas que apresentam a ocorrência do fluxo de água em um único local do terreno, geralmente grotas e altos de serras. As nascentes são consideradas difusas quando não há um ponto definido no terreno, apresentando vários olhos d'água, geralmente brejos, voçorocas, matas planas de altitudes baixas.

Medidas de vazão

Aferições hidrológicas de vazão foram realizadas em Junho e Julho de 2009, meses que historicamente apresentam as menores vazões, ou seja, a vazão mínima no ano hidrológico;

e no mês de Dezembro de 2009 e Janeiro de 2010, que apresentam os maiores valores de vazão.

As vazões foram quantificadas a partir de medições realizadas pelo método direto, aplicado nos casos de pequenas vazões. Este processo volumétrico consiste em medição por meio de volume conhecido, onde o tempo gasto para seu enchimento foi marcado com auxílio de cronômetro digital. A vazão ($L s^{-1}$) é obtida dividindo-se o volume (L) pelo tempo (s).

3.5. Resultados e Discussão

3.5.1. Caracterização física das sub-bacias estudadas.

Os resultados da caracterização morfométrica das cinco microbacias estão apresentados na Tabela 2.1.

1. Ribeirão da Colônia

Localizada no alto da Serra do Ouro Branco, a microbacia do ribeirão da Colônia apresenta a forma dendrítica. Lima (2008) explica que bacias com esse padrão de forma derivam da interação clima-geologia em regiões de litologia homogênea. É uma bacia de 3ª ordem, indicando ser medianamente ramificada.

Apresentou a menor densidade de drenagem aferida $1,21 km/km^2$ (Tabela 2.1), indicando dessa forma que a microbacia possui uma baixa capacidade de drenagem. Junior e Rossete (2005), ao estudar a bacia hidrográfica do ribeirão Cachoeira encontraram um valor de densidade de drenagem de $1,442 km/km^2$, valor próximo ao aferido nesta microbacia. Os autores explicam que bacias que apresentam em sua composição litológica rochas de granulometria fina, como rochas areníticas presentes na área, as quais possuem melhor permeabilidade, o escoamento superficial é dificultado, influenciando na densidade de drenagem dentro da bacia. Essa hipótese pode ser confirmada por Paula *et al.* (2004), que descrevendo os solos da Serra do Ouro Branco, afirmam que a fração areia é predominante, típico dos solos originados de quartzitos.

Tabela 2.1 - Parâmetros morfométricos das cinco microbacias

MICROBACIA	UNIDADES	Ribeirão da Colônia	Ribeirão Ouro Branco	Córrego do Ferreira	Córrego Pau Grande	Córrego da Geda
		1	2	3	4	5
Parâmetros						
Área	km ²	14,51	4,76	9,54	8,42	6,15
Perímetro	km	26,40	20,15	24,85	22,10	12,65
Ordem	ordinal	3°	2°	3°	3°	3°
Forma	-	dendrítica	dendrítica e treliça	dendrítica	dendrítica e treliça	dendrítica
Comprimento do canal principal	km	4,60	6,32	5,45	7,47	7,47
Comprimento total da rede de drenaç	km	17,38	12,42	22,45	21,32	21,32
Densidade de drenagem	km/km ²	1,21	2,61	2,35	5,20	2,83
Densidade hidrográfica	canais/km ²	2,41	1,68	2,51	2,37	3,90
Índice de sinuosidade	adimensional	1,32	1,35	1,04	1,30	0,96
Índice de circularidade	adimensional	0,26	0,15	0,19	0,22	0,48
Fator de forma	adimensional	4,18	1,07	0,35	0,26	0,47
Altitude máxima	m	1520,00	1000,00	1050,00	1150,00	1140,00
Altitude mínima	m	970,00	950,00	940,00	980,00	1020,00
Amplitude altimétrica	m	550,00	50,00	110,00	170,00	120,00

A microbacia apresenta densidade hidrográfica semelhante às das bacias 03 e 05. Segundo Calçavara *et al.* (2010), esses valores demonstram riqueza de cursos d'água. O fator de forma e o índice de circularidade indicam que o perímetro da bacia apresenta uma forma tendendo a retangular.

Segundo Lana *et al.* (2001), índices de sinuosidade próximos a 1 indicam que os canais tendem a serem retilíneos, já os valores superiores a 2,0, indicam que os canais tendem a ser tortuosos e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares. Dessa forma, o ribeirão da Colônia com índice de sinuosidade de 1,32 tende a ser retilíneo e um pouco irregular. Segundo Antoneli e Thomaz (2007), canais tendendo ao retilíneo favorecem um maior transporte de sedimentos.

A maior altitude apresentada no terreno é de 1520 metros, no topo da Serra do Ouro Branco, na porção sudeste da área. A menor altitude é de 970 metros nas proximidades da foz, ao oeste do terreno. Dessa forma, a amplitude altimétrica da área é de 550 metros, a maior apresentada pelas microbacias, revelando um relevo ondulado.

2. Ribeirão Ouro Branco

A microbacia do ribeirão Ouro Branco está em sua maior parte inserida em uma Unidade de Conservação na forma de uma RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural), localizada na encosta da serra do Ouro Branco, na porção oeste do município. Da foz para a cabeceira, à direita do tributário principal os afluentes estão na zona urbana, nascendo dentro da cidade, enquanto os afluentes à margem esquerda nascem dentro da área protegida, todos desaguando no ribeirão Ouro Branco, que irá compor o lago Soledade.

A bacia apresenta a forma dendrítica em sua cabeceira, e treliça em sua foz. O padrão treliça é caracterizado pela existência de cursos d'água longos e por um conjunto de tributários de cursos curtos e que desembocam em ângulos retos no curso maior. De acordo com Christofolletti (1980) este é um padrão que se desenvolve em regiões dobradas, com uma sucessão de sinclinais e anticlinais de eixos horizontais a subhorizontais, onde os cursos maiores se encaixam em vales sinclinais e os cursos menores descem pelas abas destas dobras.

Esta microbacia é de 2ª ordem, indicando ser pouco ramificada. Ela apresenta a menor área de todas as bacias estudadas, e perímetro dentro da média. Ela também apresenta a menor rede de drenagem total e analisando a sua carta topográfica, aferiu-se que seus afluentes possuem comprimento menor que os demais.

A densidade de drenagem é de 2,61km/km² (Tabela 2.1). Christofolletti (1969) destaca que valores de drenagem menores que 7,5km/km² apresentam baixa densidade de drenagem, entre 7,5 e 10,0km/km² apresentam média densidade e valores acima de 10,0km/km², apresentam alta densidade hidrográfica. No entanto, Villela e Matos (1975) apresentam a densidade de drenagem de 0,5km/km² para bacias com drenagem pobre e 3,5km/km² para bacias excepcionalmente bem drenadas. Observa-se por esses dados, que não existe um consenso, sobre os valores de densidade de drenagem.

O ribeirão Ouro Branco apresentou a menor densidade hidrográfica, o que colabora para o baixo valor de drenagem total exposto acima.

Os valores de fator de forma e índice de circularidade foram os menores aferidos dentre as outras microbacias. Para Müller (1953) e Schumm (1956) ambos citados em Alves e Castro (2003), valores para índices de circularidade menores que 0,51 sugerem que a bacia tende a ser mais alongada favorecendo o processo de escoamento.

A maior altitude apresentada no terreno é de 1000 metros, na porção inferior (sopé) da Serra do Ouro Branco, e a menor altitude é de 950 metros, na foz. A amplitude altimétrica é de 50 metros, a menor calculada, indicando que esta microbacia possui o relevo mais suave que as demais.

3. Córrego do Ferreira

O córrego do Ferreira está inserido totalmente em área urbana, sofrendo ao longo de toda sua calha pressões antrópicas e descaracterização de suas margens. Irá compor juntamente com o ribeirão Ouro Branco o lago Soledade.

O córrego do Ferreira apresenta forma dendrítica, que se caracteriza por um padrão de forma arborescente, ou que lembra as nervuras de uma folha vegetal. Segundo

Christofolletti (1980) este é típico de áreas cobertas por rochas horizontais, não fraturadas e isotrópicas em relação à erosão pluvial e fluvial. Ainda segundo o autor, este constitui um padrão onde os talwegues têm vários comprimentos e não possuem nenhuma orientação preferencial ou uma organização sistemática.

Esse córrego de 3ª ordem apresentou área, perímetro, e comprimento de canal principal dentro da média das outras microbacias estudadas. Mas, possui a maior rede de drenagem total, com 22,45km (Tabela 2.1), porém com baixa densidade de drenagem, com 2,35km/km². A explicação para estes valores é o fato do Córrego apresentar poucos, mas extensos afluentes.

A microbacia apresenta densidade hidrográfica de 2,51 canais/km² (Tabela 2.1). Resultado semelhante a Alves e Castro (2003) que estudando o rio do Tanque obtiveram 2,61 canais/km². Segundo os autores, para valores acima de 2,00 canais/km², a bacia tem uma grande capacidade de gerar novos cursos d'água.

O fator de forma e o índice de circularidade demonstram que a área da bacia em questão distancia-se da área de um círculo favorecendo um alto nível de escoamento. Machado (2002) explica que bacias com maior grau de escoamento apresentam uma baixa propensão à ocorrência de cheias. A microbacia apresenta o índice de sinuosidade que mais se aproxima da unidade de todas as estudadas neste trabalho, apresentando o valor de 1,04, tendendo a ser o Córrego mais retilíneo.

A maior altitude apresentada no terreno é de 1050 metros na cabeceira de seu afluente, na porção sudeste da área, e a menor altitude é de 940 metros nas proximidades do Lago Soledade. A amplitude altimétrica da área é de 110 metros.

4. Córrego Pau Grande

Localizada na zona rural do município a microbacia do córrego Pau Grande apresenta a forma dendrítica, como um todo e treliça em seus afluentes. É de 3ª ordem, indicando ser média ramificada.

A densidade de drenagem é de 5,20km/km² (Tabela 2.1), e foi a maior aferida entre as microbacias. Valor este superior ao encontrado por Alves e Castro, (2003) no rio do

Tanque, cuja densidade de drenagem foi de $4,9\text{km}/\text{km}^2$. Segundo os autores, estes valores mostram que há um grande escoamento superficial e uma intensa dissecação associada.

A microbacia apresenta densidade hidrográfica de $2,37$ canais/ km^2 (Tabela 2.1). Segundo Milani e Canali (2000), em redes de canais naturais, sem controle estrutural, este índice é sempre superior ao de densidade de drenagem. No presente caso, o controle é devido à intervenção antrópica.

O fator de forma e o índice de circularidade indicam que a bacia apresenta formato alongado, tendendo a retangular. O córrego Pau Grande apresentou índice de sinuosidade semelhante às outras microbacias estudadas, também tendendo a retilíneo.

A maior altitude apresentada no terreno é de 1150 metros, a leste da área, e a menor altitude é de 980 metros nas proximidades da foz, onde desemboca no ribeirão da Varginha. Dessa forma, a amplitude altimétrica é de 170 metros, a segunda maior calculada.

5. Córrego da Geada

A microbacia do córrego da Geada também está localizada na zona rural do município. Apresenta a forma dendrítica, como na maioria das microbacias estudadas, onde os tributários se unem em uma só corrente principal formando ângulos agudos. De acordo com Junior e Rossete (2000), padrões dendríticos indicam solos homogêneos e rochas sedimentares.

É de 3ª ordem, com uma área de $6,15\text{km}^2$ e perímetro de $12,65\text{km}$. O comprimento do canal principal é de $7,47\text{km}$ com uma rede de drenagem total de $21,32\text{km}$. Apresentou baixa densidade de drenagem, porém possui a maior densidade hidrográfica aferida das microbacias, demonstrando riqueza de cursos d'água com um número maior de afluentes.

O fator de forma e o índice de circularidade indicam que o perímetro da bacia apresenta uma forma tendendo mais ao quadrado, do que ao retangular como as demais

microbacias, conferindo um padrão mais circular entre todas. Cardoso *et al.* (2006) explicam que formas tendendo ao círculo favorecem os processos de inundação (cheias rápidas), pois há maiores possibilidades de chuvas intensas ocorrerem simultaneamente em toda sua extensão, concentrando grande volume de água no tributário principal.

Apresentou o menor índice de sinuosidade, com 0,96 (Tabela 2.1), também tendendo ao retilíneo. A maior altitude apresentada no terreno é de 1140 metros, na cabeceira do tributário principal, e a menor altitude é de 1020 metros onde se junta ao Córrego Castiliano. A amplitude altimétrica da área é de 120 metros.

3.5.2. Classificação das nascentes

Foram analisadas dez nascentes das cinco microbacias selecionadas. Destas, apenas uma, nomeada nascente 02 da bacia do ribeirão da Colônia foi classificada como intermitente, ou seja, não apresentou fluxo de água durante a época da seca. Nesta nascente não ocorre afloramento de lençol freático; provavelmente por estar em grande altitude (1475 metros). Em época de chuva a nascente se forma pela concentração de água interceptada em sua área de recarga, de grande aclave, como pode ser constatado na figura 2.4:

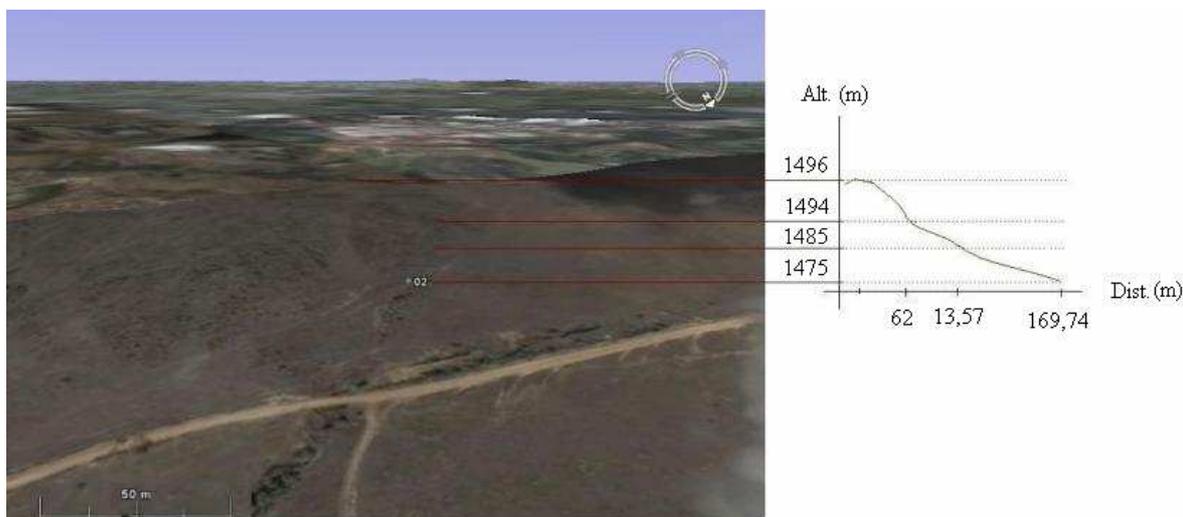


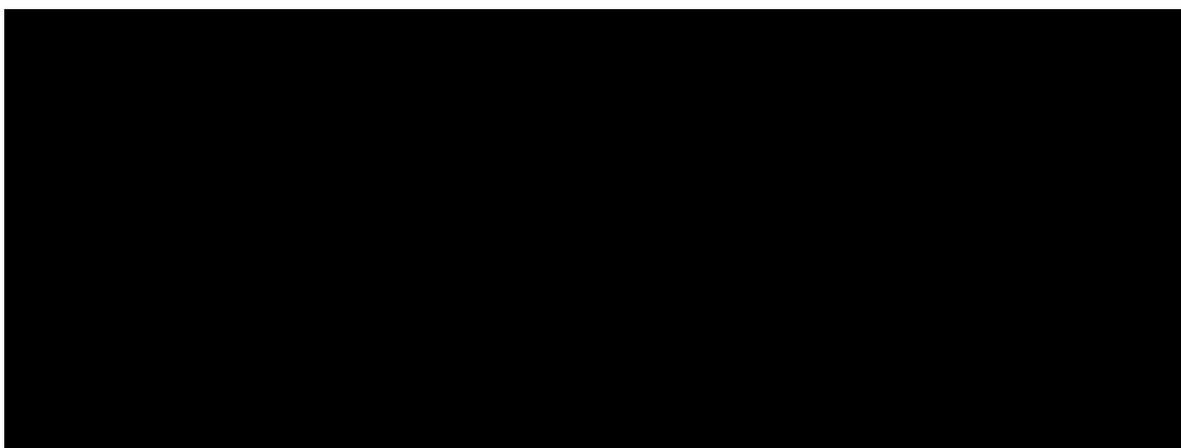
Figura 2.4 - Perfil altimétrico da nascente 02

As demais foram classificadas como perene, por apresentarem fluxo de água nas estações seca e chuvosa.

Quanto ao tipo de afloramento, as duas nascentes 05 e 10 das microbacias do ribeirão Ouro Branco e córrego da Geada, respectivamente foram classificadas como difusas, por apresentarem-se como olhos d'água e brejo. As demais apresentaram somente um ponto de vazão na superfície do terreno, sendo então classificadas como pontuais.

A Tabela 2.2 apresenta um resumo das características das nascentes e suas respectivas coordenadas geográficas.

Tabela 2.2 - Resumo das principais características das nascentes.



3.5.3. Medidas de vazão

A nascente 02 (ribeirão da Colônia), classificada como intermitente não pode ser aferida no mês de Julho (seca) obviamente pela ausência de fluxo.

A maior vazão encontrada foi de $0,220\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, na nascente 01 durante a estação chuvosa, e a menor $0,045\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ na nascente 08 (Tabela 2.2).

Na estação de seca, a nascente 07 apresentou valor de $0,116\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$, o maior aferido nesta estação contra $0,026\text{L}\cdot\text{s}^{-1}$ da menor demonstrada pela nascente 10.

A maior variação de vazão entre as duas estações em uma mesma nascente apresentou 133,63 %, na nascente 08, do córrego do Pau Grande.

A menor variação de vazão ocorreu na nascente 03, em 10,56% (Tabela 2.3).

Tabela 2.3 - Medidas de vazão das nascentes e variação (%) entre as estações seca e chuvosa

Nascente	Vazão (L.s-1) Chuvosa	Vazão (L.s-1) Seca	Variação (%)
1	0,220	0,097	56,05
2	0,060	-	-
3	0,105	0,094	10,56
4	0,120	0,083	30,83
5	-	-	-
6	0,070	0,037	47,14
7	0,193	0,116	39,90
8	0,045	0,104	133,63
9	0,058	0,048	17,24
10	0,130	0,026	80,00
Média	0,111	0,076	
Desvio Padrão	0,062	0,034	
CV (%)	55,606	44,711	

3.6. Conclusões

As cinco microbacias apresentaram de forma geral padrão dendrítico, exceto a ribeirão Ouro Branco e córrego Pau Grande que apresentaram também o padrão treliça;

A microbacia do ribeirão da Colônia demonstra possuir relevo ondulado; as demais, relevo suave a ondulado;

A microbacia do ribeirão Ouro Branco demonstrou ser a menos ramificada, com padrão de 2^a ordem, enquanto as demais apresentaram padrão de 3^a ordem;

A microbacia da Geada apresentou-se com formato tendendo ao circular, enquanto as demais se apresentam alongadas e tendendo ao padrão retangular; e de forma geral as cinco microbacias apresentaram baixos índices de circularidade e sinuosidade;

As microbacias do Ferreira e da Geada encontram-se totalmente antropizadas, interferindo em padrões hidrológicos;

As nascentes apresentaram-se como perenes, exceto a nascente 02 da microbacia do ribeirão da Colônia, que apresentou fluxo intermitente;

A nascente 05 do ribeirão Ouro Branco e a nascente 10 do Córrego da Geada classificaram-se a como difusas, e as demais, como pontuais;

A ausência de mata ciliar interferiu na aferição de vazão da microbacia do córrego Pau Grande, que apresentou os menores valores de vazão aferidos em suas duas nascentes e

mais variou seu fluxo entre as estações; contra as do ribeirão Ouro Branco (03 e 04), florestadas, que foram as que mais apresentaram valores de vazão semelhantes dentro da mesma microbacia e a que menos variou entre as estações.

3.7. Referências

ALVES, J. M. de P.; CASTRO, P. de T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da Bacia do Rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análises de padrões de lineamentos. Revista Brasileira de Geociências, v. 33, n. 2, p. 117-124, jun. 2003.

ANIDO, N. M. R. Caracterização hidrológica de uma microbacia experimental visando identificar indicadores de monitoramento ambiental. 2002. 69f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, São Paulo, 2002.

ANTONELI, V; THOMAZ, E.L. Caracterização do meio físico da bacia do Arroio Boa Vista, Guamiranga-PR. Rev. Caminhos da Geografia, Uberlândia, v.8, n.21, p46-58, jun. 2007.

CALÇAVARA, R. A.; FRASSI, R. J. P.; MARETTO, C. L.; SOUZA, E. P.; NASCIMENTO, K. A. Caracterização Morfométrica Da Bacia Hidrográfica Do Ribeirão Arrependido – ES. In Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/resumos.../028.pdf>. Acessado em 10 de janeiro de 2010.

CARDOSO, C.A.; DIAS, H.C.T.; SOARES, C.T.B.; MARTINS, S.V. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo-RJ. *Árvore*, Viçosa, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CASTRO, P. S. Recuperação e conservação de nascentes. CTP, 2001. 84 p. (Série saneamento e meio ambiente; n. 26).

CHRISTOFOLETTI, A. A morfologia de bacias de drenagem. Notícias Geomorfológicas, Campinas, v.18, n.36, p.130-2, 1978.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. Rev. Geomorfologia, Campinas, v.18, n.9, p.35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo, Edgard Blücher, 2.º edição, 1980.

HEIN, M. Espacialização de duas microbacias hidrográficas do rio Piracicaba para modelagem hidrológica. 2000. 291p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Feagri, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Geografia do Brasil. Rio de Janeiro: SERGRAF, 1977.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acessado em 24/08/2009.

IGAM - Instituto mineiro de gestão das águas. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br>. Acessado em 01/09/2009.

JUNIOR, O.B.P.; ROSSETE, A.N. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do ribeirão cachoeira, MT-Brasil. Geoambiente on line, 2005. 16 p. Disponível em <www.jatai.ufg.br/geo/geoambiente.htm>. Acesso em 02 de fevereiro de 2010.

LANA, C.L.; ALVES, J.M. de P.; CASTRO, P de T.A. Análise morfométrica da bacia do rio Tanque, MG-Brasil. Rev. Escola de Minas, Ouro Preto, v.54, n.2, 2001

LIMA, Walter de Paula. “Manejo de bacias hidrográficas”. In ESALQ (Escola superior de agricultura Luís de Queiroz). Disponível em: <www.esalq.usp.br/departamentos/lcf/lab/.../CAPITULO%201.pdf>. Acessado em 03 de Julho de 2008.

MACHADO, R.E. Simulação de escoamento e produção de sedimento em uma microbacia hidrográfica utilizando técnicas de modelagem e geoprocessamento. 2002. 152p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MILANI, J. R.; CANALI, N. E. O sistema hidrográfico do rio Matinhos: uma análise morfométrica, Curitiba, n. 4, p. 139-152. 2000. Editora da UFPR.

PAULA, Cláudio Coelho de; SILVA, Renato Ramos da; OLIVEIRA, Diego Aniceto dos Santos. Flora Fanerogâmica da Serra do Ouro Branco. Viçosa: UFV, 2004.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO BRANCO. Diagnostico Plano diretor participativo. Secretaria Municipal de Planejamento 2006.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

TERRA BRASILIS. Proposta para criação de unidades de conservação na região de Ouro Branco, MG. 2006.

VILLELA, S.M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. São Paulo: McGRAW-Hill do Brasil, 1975. 245p.

CAPÍTULO 3

MATA CILIAR E QUALIDADE DA ÁGUA DE NASCENTES DO MUNICÍPIO DE OURO BRANCO, MG.

Resumo

Este estudo foi realizado em cinco microbacias selecionadas do município de Ouro Branco, MG, com o objetivo de avaliar a qualidade da água de nascentes com diferentes estados de conservação e usos do solo. Foi realizada a caracterização física das nascentes e de seu entorno, a avaliação das características de qualidade de água, o cálculo do índice de qualidade da água (IQA) e a mensuração da vazão. Observou-se que nascentes com maior gradiente de mata nativa apresentaram melhores índices de qualidade de água para os parâmetros limnológicos pH, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido; e um maior gradiente de floresta ou mata nativa ainda garantem a disponibilidade de água nas nascentes na estação seca, pelo abastecimento do lençol freático na época das chuvas. Os períodos de amostragem (estação seca e chuvosa) têm influência na vazão e qualidade da água das nascentes. Interferências antrópicas na área de recarga das nascentes influenciaram de forma negativa os parâmetros de qualidade da água e índices IQA, que variaram de “ruim” a “excelente”, sendo as principais observadas neste estudo agricultura (resíduos ou excesso produtos químicos), urbanização (esgoto e impermeabilização do solo) bem como a retirada da vegetação nativa de forma geral.

Abstract

This study was carried through in five selected microbasins of the Ouro Branco city, MG, with the objective to evaluate the quality of the water of springs with different states of conservation and uses of the ground. It was carried through the physical characterization of the springs and its entorn, the evaluation of the characteristics of quality of water, the calculation of the index of quality of the water (IQA) and the mensuration of the outflow. It was observed that rising with bigger gradient of native bush they had presented better indices of quality of water for the limnologies parameters pH, turbidez, total solids and dissolved oxygen; and a bigger gradient of forest or still kills native guarantees the water availability in the springs in the dry station, for the supplying of the freatic sheet at the time of rains. The periods of sampling (dry and rainy station) have influence in the outflow and quality of the water of the springs. Antropics interferences in the area of recharge of the springs had influenced of negative form the parameters of quality of the water and indices IQA, that had varied of “bad” the “excellent one”, being the main ones observed in this study agriculture (residues or excess chemical products), urbanization (sewer and waterproofing of the ground) as well as the withdrawal of the native vegetation of general form.

3.1. Introdução

As nascentes, também conhecidas por olhos d'água e minas d'água são os pontos na superfície do terreno de onde escoam a água proveniente de lençóis subterrâneos. São basicamente as responsáveis pela produção de água, que circula pela superfície, e, como têm origem nos lençóis, suas vazões dependem da quantidade de água armazenada nos mesmos, que, por sua vez, depende da quantidade de água da chuva que infiltra e percola até eles (Valente e Dias, 2001).

De acordo com Almeida (1999), a quantidade de água da chuva que escoam em direção aos cursos d'água depende de uma série de fatores, entre eles da cobertura que se encontra sobre a superfície da terra. Ainda de acordo com o autor, quando a cobertura do terreno se dá por ecossistemas vegetais como pastagens, culturas agrícolas e florestas, o solo se torna mais permeável e a água infiltra com mais facilidade. Entre estes ecossistemas, as florestas nativas são reconhecidamente o que propicia as melhores condições para infiltração da água de chuva. Borges *et al.* (1995) explicam que as formações ciliares funcionam como filtro de escoamento superficial tanto pela densidade de sua copa, como pelo material da serapilheira, garantindo água em qualidade e quantidade e melhora as condições hidrológicas do solo. Possuem também as funções de contenção dos processos erosivos, manutenção da biodiversidade e garantia de existência da fauna ictiológica (Ferreira e Dias, 2004).

A escassez de água não se refere apenas de forma quantitativa, mas também qualitativa. Um rio poluído, mesmo mantendo sua vazão ao longo de todo o ano, torna-se impróprio para o consumo humano e até mesmo para consumo animal (Rebouças *et al.*, 2002). Carvalho (1996), explica que muitas nascentes e córregos têm sido alvo de impactos ambientais de diversas origens e magnitudes, tanto no meio urbano através de ocupações irregulares em áreas de preservação e lançamento de resíduos sem tratamento; como no meio rural por meio de queimadas, desmatamentos, erosões e, principalmente, pelo uso indiscriminado de defensivos agrícolas.

O uso correto do solo associado à conservação da cobertura florestal contribui para a redução da erosão, favorece a infiltração da água e protege as encostas de

desmoronamentos. Ainda, a presença de vegetação promove a conservação da biodiversidade e fornece alimento a fauna (Pinto, 2003).

Deve-se atentar que, além da contaminação com produtos químicos, a poluição da água resultante de toda e qualquer ação que acarrete aumento de partículas minerais no solo, da matéria orgânica e dos coliformes totais pode comprometer a saúde dos usuários – homem ou animais domésticos (Calheiros *et al.*, 2004). Para Giordano (2004) a poluição hídrica pode ser definida como qualquer alteração física, química ou biológica da qualidade de um corpo hídrico, capaz de ultrapassar os padrões estabelecidos para a classe, conforme o seu uso preponderante. Considera-se a ação dos agentes: físicos materiais (sólidos em suspensão) ou formas de energia (calorífica e radiações); químicos (substâncias dissolvidas ou com potencial solubilização); biológicos (microorganismos).

A qualidade da água é o reflexo do efeito combinado de muitos processos que ocorrem ao longo do curso d'água (Peters e Meybeck, 2000 *apud* Bueno *et al.* 2005). De acordo com Lima (2001), a qualidade da água não se traduz apenas pelas suas características físicas e químicas, mas pela qualidade de todo o funcionamento do ecossistema. Para Costa (2004), o aumento e a diversificação dos usos múltiplos da água resultaram em diversos tipos de impactos ambientais de diferentes magnitudes. Tais impactos exigem diferentes tipos de avaliação quali e quantitativa e monitoramento adequado e de longo prazo.

Uma das formas de avaliar e monitorar os efeitos das atividades antrópicas da bacia hidrográfica sobre a qualidade da água é o emprego de índices de qualidade de água (IQA), que se baseiam principalmente em fatores limnológicos e físico-químicos (Carvalho *et al.*, 2000). O IQA busca caracterizar a qualidade das águas superficiais brutas mediante as interferências causadas por lançamento de esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, além da presença de nutrientes e sólidos (IGAM, 2009). Desenvolvido pela National Sanitation Foundation (NSF) dos Estados Unidos, o índice considera em seus cálculos as concentrações de características físicas, químicas e microbiológicas, sendo determinada pelo produto ponderado das características: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais (ANA, 2005).

Os principais componentes das bacias hidrográficas – solo, água, vegetação e fauna – coexistem em permanente e dinâmica interação, respondendo às interferências naturais (intemperismo e modelagem da paisagem) e aquelas de natureza antrópica (uso/ocupação da paisagem), afetando os ecossistemas como um todo. Neste sistema os recursos hídricos constituem-se indicadores dos efeitos do desequilíbrio das interações dos respectivos componentes, por esse motivo as bacias e sub-bacias hidrográficas vêm-se consolidando como compartimentos geográficos coerentes para planejamento integrado do uso e ocupação dos espaços rurais e urbanos, tendo em vista o desenvolvimento sustentado no qual se compatibilizam atividades econômicas com qualidade ambiental (Souza e Fernandes, 2000).

A investigação ambiental preliminar tem como objetivo avaliar possíveis interferências humanas no local de estudo que possam ter resultado em suspeita de dano ambiental, pois, de acordo com Pinto (2003), a caracterização do meio físico das bacias hidrográficas, em especial as áreas de recarga das nascentes, com o intuito de levantar as áreas críticas, visando à manutenção da água, são condições básicas para o sucesso do planejamento da produção e conservação da água e recuperação das nascentes e matas ciliares.

O município de Ouro Branco, no estado de Minas Gerais possui um histórico de ocupação do solo datado de 1694, quando da instituição da vila por bandeirantes a procura de ouro. Tem início seu desenvolvimento econômico, e enquanto o núcleo urbano se estabelece, desenvolvem-se as atividades agrícola e pecuária. Suas terras arroxeadas e topografia favorável se prestam melhor a esta atividade, e quando a extração mineral sofre decadência, estas se tornam as atividades econômicas mais importantes do município. A partir da década de 1970, a cidade passou a receber uma vultosa população externa proveniente da implantação de um complexo siderúrgico, chegando um novo ciclo de riqueza que marcaria uma nova abordagem do desenvolvimento do município. O histórico de ocupação do solo no município resume-se, então, a quatro ciclos, conhecidos: Ciclo do Ouro, Ciclo da Uva, Ciclo da Batata e Ciclo do Aço (Adaptado de Prefeitura Municipal de Ouro Branco, 2006).

A região está inserida em duas importantes bacias hidrográficas federais: Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco e Bacia Hidrográfica do Rio Doce. O recurso

proveniente da malha hidrográfica tem sido utilizado para vários fins dentre os quais se destacam: consumo humano, criação de animais e irrigação (Adaptado de Prefeitura Municipal de Ouro Branco, 2006).

Em função das características do relevo, várias nascentes fazem-se presentes na área do município, contribuindo de maneira expressiva na manutenção do regime hídrico dos córregos e afluentes. (Adaptado de Prefeitura Municipal de Ouro Branco, 2006).

A sub-bacia do ribeirão Ouro Branco e seus afluentes integram a Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH) do Rio Paraopeba (SF3), integrante do Comitê Bacia do São Francisco (SF). Segundo o monitoramento da qualidade das águas superficiais, a unidade apresenta baixa contaminação por tóxicos e IQA (Índice de Qualidade das Águas) não calculado (IGAM, 2009).

Este capítulo trata-se da investigação ambiental de dez nascentes distribuídas em cinco microbacias do município de Ouro Branco, estado de Minas Gerais, apresentando diferentes usos e ocupações do solo, com o objetivo de: verificar a influência da mata ciliar na qualidade de água, listar os principais impactos ambientais negativos observados no entorno destas nascentes e seu reflexo nos parâmetros de qualidade da água, classificá-las de acordo com o estado de conservação, e calcular o IQA.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Localização da área de estudo

O estudo foi desenvolvido no município de Ouro Branco, MG (Long.: -43:39:46.43 Lat.: -20:31:40.79). Encontra-se a 1.072 metros acima do nível do mar e possui uma área de 260,6 quilômetros quadrados de extensão territorial (Terra Brasilis, 2006).

Duas classes de solo predominam no município: Latossolo e Cambissolo. O clima predominante é o Tropical de Altitude (Cwa). A sua principal característica é a presença de temperatura mínima reduzida no inverno, época em que apresenta também uma estiagem pronunciada, e no verão, médias de temperatura até a mais alta registrada,

sendo o período coincidente com o chuvoso (Prefeitura Municipal de Ouro Branco, 2006).

De acordo com dados da Estação Meteorológica Gerdau Açominas (2010) para o ano de 2009 foram registradas temperaturas mínima de 18,6° e máxima de 21,4°. O índice médio pluviométrico foi de 1696,2mm.

3.2.2. Distribuição das nascentes

Para o estudo foram avaliadas dez nascentes distribuídas em cinco microbacias pertencentes à porção oeste do município, integrantes da bacia do rio São Francisco. Estas microbacias apresentam diferentes usos de ocupação do solo dentro do município: Ribeirão da Colônia, localizada no alto da Serra do Ouro Branco; ribeirão Ouro Branco e córrego do Ferreira, localizadas na zona urbana do município; córrego Pau Grande e córrego da Geada, estas duas últimas localizadas essencialmente à zona rural (Figura 3.1).

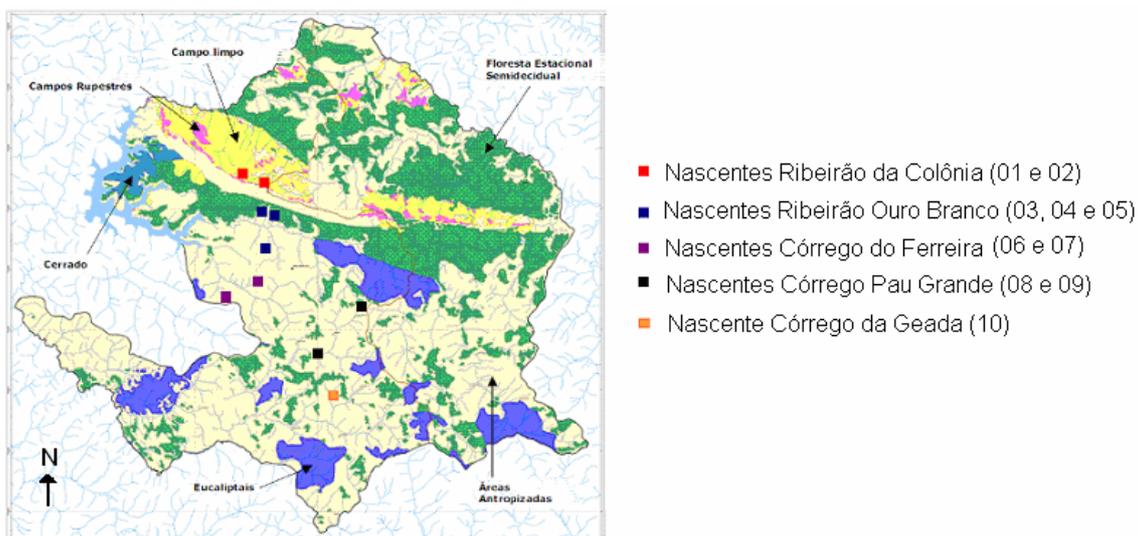


Figura 3.1 - Distribuição das nascentes selecionadas para estudo, nas diferentes tipologias vegetacionais e usos do solo no município de Ouro Branco. **Fonte:** Prefeitura Municipal de Ouro Branco (2006), adaptado pela autora.

3.2.3. Caracterização das APPs das nascentes

Para a caracterização das nascentes e coleta de dados em campo utilizou-se um receptor Global Positioning System (GPS) seguindo indicações metodológicas de Oliveira *et al.* (2002). A técnica consiste na realização de caminhamento no entorno das nascentes (respeitando o raio de 50 metros¹) registrando as coordenadas geográficas, além da coleta de pontos internos com o objetivo de delimitar e quantificar as diferentes coberturas do solo. Essas informações foram posteriormente interpoladas com fotos de satélite.

3.2.4. Avaliação ambiental de impactos

In loco, realizou-se caminhamento em toda a área correspondente à Área de Preservação Permanente (APP) das nascentes, para investigação ambiental da área de recarga. Para a avaliação e listagem dos principais impactos ambientais negativos utilizou-se do método “Listagem de controle” (FEEMA, 1997), através de registro fotográfico e anotações em caderneta das principais perturbações antrópicas encontradas, como resíduos e demais modificações da paisagem natural.

3.2.5. Avaliação do estado de conservação e classificação das nascentes

As nascentes foram avaliadas de acordo com metodologia utilizada por Xavier e Teixeira (2007), e classificadas em:

- “Preservadas”, quando apresentavam pelo menos 50m de vegetação natural em torno do olho d’água em nascentes pontuais ou a partir do olho d’água principal em nascentes difusas; vegetação ripária natural no trecho de 300m a partir do olho d’água em ambas as margens, influência antrópica mínima ou ausente.
- “Perturbadas”, quando não apresentavam 50m de vegetação natural em seu entorno e vegetação ripária natural no trecho de 300m, mas apresentavam bom

¹ A Área de Preservação Permanente (APP) das nascentes corresponde ao círculo formado pelo raio de 50 metros a partir do ponto de afloramento.

estado de conservação, apesar de estarem ocupadas por pastagem/agricultura ou pequenas influências antrópicas.

- “Degradadas”, quando se encontravam com alto grau de perturbação no entorno de 50m do olho d’água e vegetação ripária no trecho de 300m, solo compactado, presença intensa de gado, com erosões e voçorocas. Influência intensa de atividade antrópica.

3.2.6. Avaliação da qualidade da água

Para avaliação da qualidade da água determinaram-se variáveis físicas, biológicas e químicas, incluindo as necessárias ao cálculo do Índice de Qualidade de Água (IQA) temperatura, pH, turbidez, sólidos totais, nitrato, fosfato, oxigênio dissolvido (OD), demanda biológica de oxigênio (DBO) e coliformes termotolerantes. Ainda realizaram-se análises complementares dos parâmetros nitrito e cloretos. Analisou-se também a presença de metais Al, Cu, Fe, K, Mn, Pb, P e Zn e do metalóide As. As análises foram realizadas em laboratórios da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP).

A água foi coletada no ponto de afloramento de cada nascente. A coleta, acondicionamento e conservação das amostras foram realizados conforme métodos especificados em “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, editado pela “American Public Health Association” (APHA, 1995). As campanhas foram realizadas nos meses de Julho de 2009 (estação seca) e Dezembro de 2009 (estação chuvosa). *In loco*, determinaram-se os parâmetros pH, oxigênio dissolvido, sólidos totais e temperatura através de kit multiparâmetro modelo HQ40d Hach.

Medidas de vazão foram realizadas. As vazões foram quantificadas a partir de medições realizadas pelo método direto, aplicado nos casos de pequenas vazões. Este processo volumétrico consiste em medição por meio de volume conhecido, onde o tempo gasto para seu enchimento foi marcado com auxílio de cronômetro digital. A vazão ($L.s^{-1}$) é obtida dividindo-se o volume (L) pelo tempo (s).

Em laboratório, determinou-se a turbidez das amostras. Para este procedimento utilizou-se o turbidímetro de bancada modelo TB 1000. Os valores de nitrato e nitrito foram determinados pelo método de redução em zinco e posterior leitura em espectrofotômetro *FEMTO 600 PLUS*. O fosfato foi determinado através de digestão em H₂SO₄ e leitura em espectrofotômetro *FEMTO 600 PLUS*. Para análise de cloretos utilizou-se método de Mohr, baseado na titulação em nitrato de prata (AgNO₃). O valor da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) foi obtido a partir da diferença inicial e final do oxigênio dissolvido (OD), mensurado em amostra no início e ao final de cinco dias de incubação, a 20 °C. Coliformes totais e termotolerantes foram contabilizados pela técnica de cultivo em tubos múltiplos, série de 03 tubos. A presença de metais e metalóides foi detectada através de Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte Plasma marca Spectro modelo Ciro.

3.2.7. Cálculo do IQA

Com intuito de avaliar o atual estado das águas das nascentes foi calculado o IQA seguindo a metodologia padronizada pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb, 2001).

A cada característica foi atribuído um peso de acordo com sua importância relativa no cálculo

do IQA (Tabela 3.2). O IQA das nascentes foi calculado pelo produto ponderado das notas atribuídas a cada característica de qualidade de água: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (cinco dias, 20C°), coliformes termotolerantes, nitrato, fosfato total, sólidos totais e turbidez (Cetesb, 2001).

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

Equação (3.1): Cálculo do IQA.

Onde:

IQA: índice de qualidade da água, um número de 0 a 100;

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

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

Tabela 3.1 - Peso das características utilizadas no cálculo do IQA. **Fonte: Cetesb, 2001**

Características	Pesos Relativos
1. Oxigênio Dissolvido	0,17
2. Coliformes termotolerantes	0,15
3. pH	0,12
4. Demanda Bioquímica de Oxigênio	0,10
5. Fosfato Total	0,10
6. Temperatura	0,10
7. Nitratos	0,10
8. Turbidez	0,08
9. Sólidos Totais	0,08

Os valores do IQA obtidos para as nascentes foram comparados com os valores de referência, numa escala de 0 a 100, fornecidos pela Cetesb (2001) (Tabela 3.3).

Tabela 3.2 - Faixas de variação de qualidade das águas. **Fonte: Cetesb, 2001**

Nível de Qualidade	Faixa de variação do IQA
Excelente	$90 < \text{IQA} \leq 100$
Bom	$70 < \text{IQA} \leq 90$
Médio	$50 < \text{IQA} \leq 70$
Ruim	$25 < \text{IQA} \leq 50$
Muito Ruim	$50 < \text{IQA} \leq 0$

3.3. Resultados e Discussão

3.3.1. Caracterização do entorno das nascentes, impactos ambientais e classificação das nascentes

Com base em observações das características locais, foram identificadas dez classes de uso e ocupação do solo nas nascentes estudadas:

- Mata: compreende fragmentos ou trechos de mata nativa, em qualquer estágio de regeneração, e/ou árvores isoladas;
- Água: qualquer porção de água (mina, lago) aflorada;

- Cultura agrícola temporária: culturas anuais, como capim, cana, milho, hortaliças;
- Cultura agrícola perene: café;
- Criadouro: curral, galinheiro ou chiqueiro
- Urbanização: construções em concreto, asfalto;
- Solo exposto: erosões, solo sem revestimento vegetal, estradas e vias sem pavimentação;
- Invasoras: gramíneas e/o arbustivas intrusas;
- Pasto: espécies de pastagem com/sem presença de gado, e
- Acidente geográfico: afloramento rochoso, escarpa ou talude rochoso.

Seguem as caracterizações das nascentes em gráfico com as respectivas classes de usos do solo encontrados em área (m²) e em porcentagem (%).

Nascente 01. Coordenada referência (UTM 23K) 773513 635175 - Alt. 1500 m

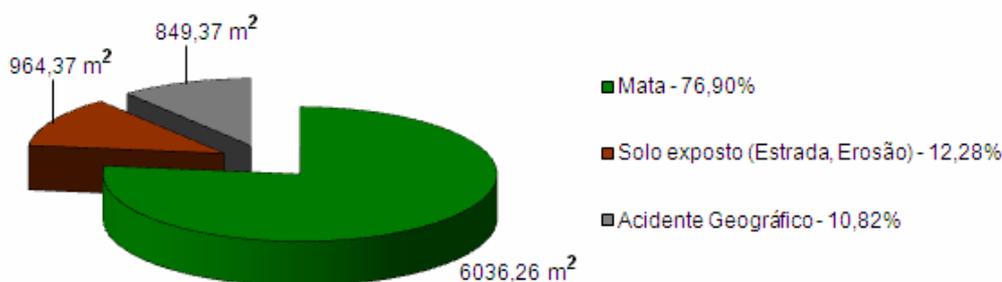


Figura 3.2 - Caracterização da nascente 01

A nascente 01, localizada no ribeirão da Colônia no alto da Serra do Ouro Branco, apresenta 76,90% (Figura 3.2) da área correspondente à área de preservação permanente (APP) ocupada por “mata nativa”, principalmente mata de galeria, floresta semidecidual montana e trechos de campo limpo².

Foram observados também solos expostos na forma de erosão, e estrada não pavimentada, ocupando 12,28% da área. Esta estrada atravessa a Serra do Ouro Branco, e apresenta constante transição, para apreciação dos recursos naturais, eventos

² O bioma Cerrado, mais presente na face oeste do município, é caracterizado pela presença de áreas típicas de cerrado, campo limpo e capoeiras de mata atlântica. Não existe, entretanto, uma intercessão abrupta entre estes dois biomas, mas sim uma transição gradativa destas tipologias vegetacionais formando um mosaico de cerrado-mata na região. (Prefeitura municipal de Ouro Branco, 2008).

religiosos dentre outros. “Acidente geográfico” na forma de afloramentos rochosos perfaz 10,82% da área.

Os impactos ambientais negativos observados em sua área de preservação permanente foram:

- Solo exposto, na forma de estrada não pavimentada (Figura 3.5 A); e
- Dejetos (fezes) de bovinos e equinos, denunciando pastagem ilegal.

Esta nascente foi classificada como *perturbada*, pois apesar das perturbações identificadas apresentou no raio de 20 metros vegetação ciliar ainda conservada, como se pode perceber na Figura 3.3 (A e B):



Figura 3.3 - A) Entorno da nascente 01; B) Mata ciliar

Nascente 02. Coordenada referência (UTM 23K) 773482 635582 - Alt. 1475m

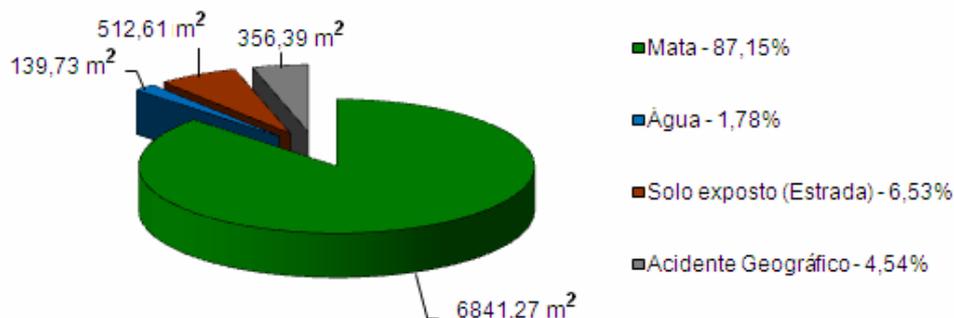


Figura 3.4 - Caracterização da nascente 02

A nascente 02 pertence também a microbacia do ribeirão da Colônia e localiza-se na vertente esquerda, na porção mais alta da microbacia. Apresentou-se como intermitente,

ou seja, apresentou fluxo de água somente na estação chuvosa. Neste caso, não ocorre afloramento de lençol freático; provavelmente por estar em grande altitude. Em época de chuva a nascente se forma pela concentração de água interceptada em sua área de recarga, de grande aclave. Semelhante a nascente estudada por Zanzarini e Rosolen (2008), em Araguari, MG, que se localiza no fundo de um vale. Os autores a descreveram como sendo nascente de encosta temporária, formada a partir da impermeabilização subsuperficial do solo, onde a água, após percolar nas áreas de recarga, infiltra-se e escorre subsuperficialmente brotando nos pontos de baixa vertente. A nascente 02 apresentou 87,15% da área de APP com cobertura de “mata nativa” (Figura 3.4), na fisionomia de campos gramíneos limpo e cerrado. Segundo Cherobin e Andre (2008), campos gramíneos, que se constituem nas maiores áreas da serra do Ouro Branco apesar de semelhantes a pastagens, apresentam rica e diversificada flora, a maioria das espécies são, perenes, com raízes profundas e caules subterrâneos. A nascente aflora lentamente na forma de um poço, apresentando então 1,78% de “água” (Figura 3.5 B). Um pequeno trecho da estrada é abrangido, correspondendo a 6,53% da APP.

Apresentou como impactos ambientais negativos:

- Rede elétrica entre torres de transmissão (Figura 3.7A): a faixa de servidão destas redes elétricas sofrem constantes intervenções, como poda e transição para manutenção;
- Dejetos (fezes) de bovinos e equinos, proveniente de pastagem ilegal.



Figura 3.5 - A) Entorno da nascente 02, sob faixa de servidão de rede elétrica; B) Nascente 02.

A nascente foi classificada como *perturbada*, pois não foram observadas demais perturbações da mata ciliar.

Nascentes 03. Coordenada referência (UTM 23K) 773190 63621 - Alt. 1050m e

Nascente 04. Coordenada referência (UTM 23K) 773237 63571 - Alt. 1035m

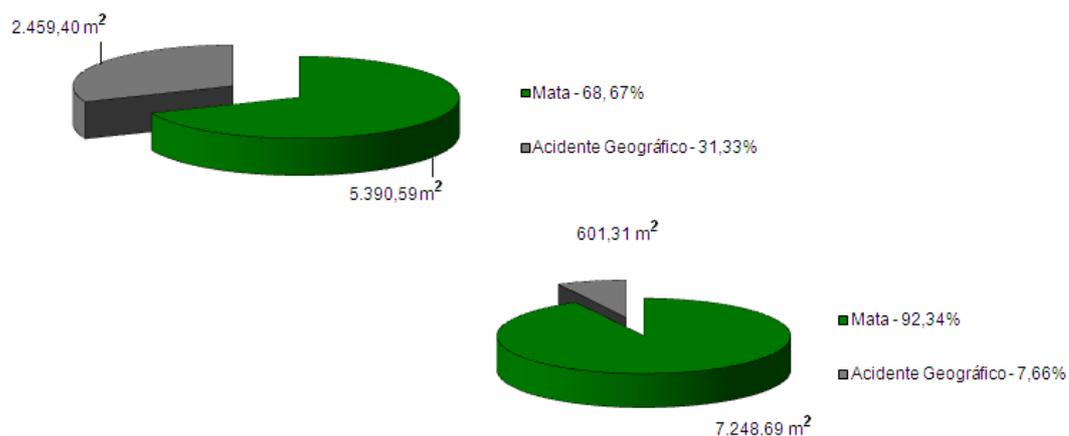


Figura 3.6 - Caracterização das nascentes 03 (à esquerda) e 04 (à direita).

As nascentes 03 e 04 fazem parte da microbacia do ribeirão Ouro Branco. Localizadas na base da Serra do Ouro Branco, estão inseridas em uma unidade de conservação na forma de uma RPPN (Reserva Particular do Patrimônio Natural) existente no município. As APPs estão cercadas, e escoam por mata de galeria preservada. Apresentaram respectivamente 68,67% e 92,34% de “mata nativa” como uso do solo (Figura 3.6). A nascente 03 apresentou 31,33% de “acidente geográfico” na forma de rochas, provavelmente devido à proximidade com o paredão que se constitui a Serra do Ouro Branco (Figura 3.6). Na nascente 04 ocorrências rochosas constituem-se apenas 7,66% da área, não sendo observadas outras classes de uso de solo no local. A tipologia vegetal presente define-se como floresta estacional semidecidual montana, do bioma Mata Atlântica.

As nascentes encontram-se cercadas e com mata ciliar preservadas (Figuras 3.7 e 3.8). Não há usos de suas águas e não foram observados impactos ambientais negativos. Ambas foram classificadas como *preservadas*. Apesar dessa observação, Paula *et al.* (2004) afirmaram que a expansão da pecuária na região tem causado desequilíbrios na RPPN, além de queimadas frequentes, ocasionadas pelos pecuaristas e pescadores.



Figura 3.7 - A) Nascente 03, preservada; B) Afloramentos rochosos



Figura 3.8 - Nascente 04, preservada

Nascente 05. Coordenada referência (UTM 23K) 7730995 634839 - Alt. 991,8m

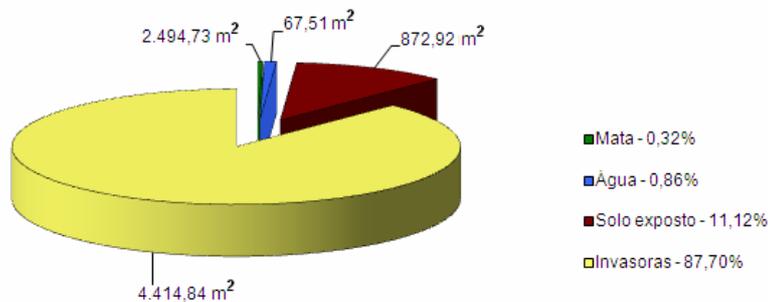


Figura 3.9 - Caracterização da nascente 05

A nascente 05 também pertence ao ribeirão Ouro Branco e está localizada na vertente esquerda da microbacia, inserida na zona urbana do município. Está localizada atrás de uma escola, em região brejosa de um lote inclinado, e está cercada por ruas. Como se pode observar pela Figura 3.9 encontrou-se apenas 0,32% de vegetação nativa, com ocorrência de erosões, brejo e espécies vegetais invasoras. Destas, observou-se ocorrência de *Brachiaria spp.* (capim), e *Typha domingensis* (taboa), planta hidrófita

típica de brejos, perfazendo 87,70% da área. Esta nascente, assim como a 03 e a 04, compõe um afluente do ribeirão Ouro Branco e não há relatos do uso de sua água.

Aqui os principais impactos ambientais negativos observados foram:

- Impermeabilização do solo: Construções em concreto e ruas asfaltadas;
- Espécies vegetais invasoras (Figura 3.10): *Brachiaria spp.* (capim), e *Typha domingensis* (taboa), conforme citado acima. O impacto “impermeabilização” ocasiona erosão laminar do solo e favorece o crescimento dessas espécies. A ocorrência destas prejudica o estabelecimento de vegetação nativa.

A nascente 05 foi classificada como *degradada*, pela ausência de mata ciliar.



Figura 3.10 - A) Nascente 05; B) Entorno da nascente dominada por invasoras.

Nascente 06. Coordenada referência (UTM 23K) 7728956 633657 - Alt. 1041m

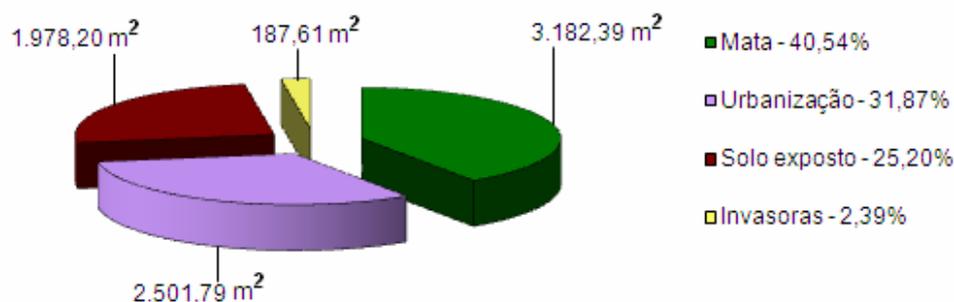


Figura 3.11 - Caracterização da nascente 06

A sexta nascente investigada escorre por canal aberto, atrás de casas, compondo um afluente do córrego Ferreira. Inserido totalmente em área urbana, vem sofrendo ao longo de toda sua calha pressões antrópicas e descaracterização de suas margens. Notou-se no local a presença de lixo, terra solta e o mau cheiro no local denuncia o lançamento de esgoto junto à rede pluvial. A nascente apresentou poucas espécies vegetais em sua área de recarga, a maioria das quais inadequadas. Observou-se 40,54% de “mata nativa” no total da área (Figura 3.11); “solo exposto” e espécies vegetais invasoras em 25,20 e 2,39%, respectivamente. A ocorrência de asfalto, casas e pavimentos dentro da área de APP geraram uma percentual de 31,87% na classe de uso de solo “urbanização”.

Os impactos ambientais negativos observados foram:

- Impermeabilização do solo: Construções em concreto e ruas asfaltadas;
- Despejo de esgoto em calha pluvial; contaminação da água (Figura 3.12 A);
- Resíduo sólido: lixo/entulho (Figura 3.12 B); e
- Introdução de espécies vegetais inadequadas.

Concordando com Almeida *et al.* (2004), que estudando nascentes dentro de perímetro urbano em Espírito Santo do Pinhal, SP, observaram presença de lixo doméstico, constatando-se também a ausência de mata ciliar, predominando vegetação do tipo gramínea e herbácea.

A nascente 06 foi classificada como *degradada*, pelo agravante do esgoto e lixo, bem como pelas perturbações à mata ciliar (Figuras 3.12 C e D).



Figura 3.12 - A) Despejo de esgoto; B) Lixo/entulho; C) Nascente 06, degradada; D) Entorno da nascente

Nascente 07. Coordenada referência (UTM 23K) 7729467 636308 - Alt. 1005m

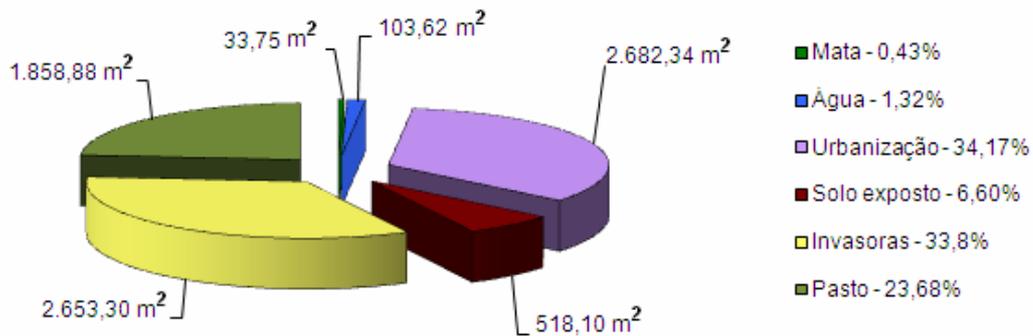


Figura 3.13 - Caracterização da nascente 07

Também pertencente ao córrego do Ferreira, mais próxima à foz, a nascente 07 encontra-se na zona urbana do município, porém observam-se elementos tipicamente rurais, caracterizando-se como uma transição urbano-rural. Antes de a concessionária efetivar a rede de distribuição de água, os moradores do bairro utilizavam esta água para consumo. Conforme se pode observar na Figura 3.13, poucos trechos de mata nativa foram rastreados na área (0,43%) que é dominada principalmente por plantas invasoras em 33,8% e “pasto” em 23,68%. Ocorrem ainda erosões e “urbanização” em 6,60% e 34,17%, respectivamente.

Nestas condições observaram-se os seguintes impactos ambientais negativos:

- Impermeabilização do solo: Construções em concreto e ruas asfaltadas; ocasionando erosão laminar do solo e conseqüente ocorrência de espécies vegetais invasoras;
- Resíduo sólido: lixo;
- Ausência de cobertura nativa (mata ciliar): solo exposto e solto sujeito à erosão (Figura 3.14); e
- Pastagens: propiciando compactação do solo.

Esta nascente foi classificada como *degradada*.



Figura 3.14 - Nascente 07

Nascente 08. Coordenada referência (UTM 23K) 7728119 639271 - Alt. 1077m

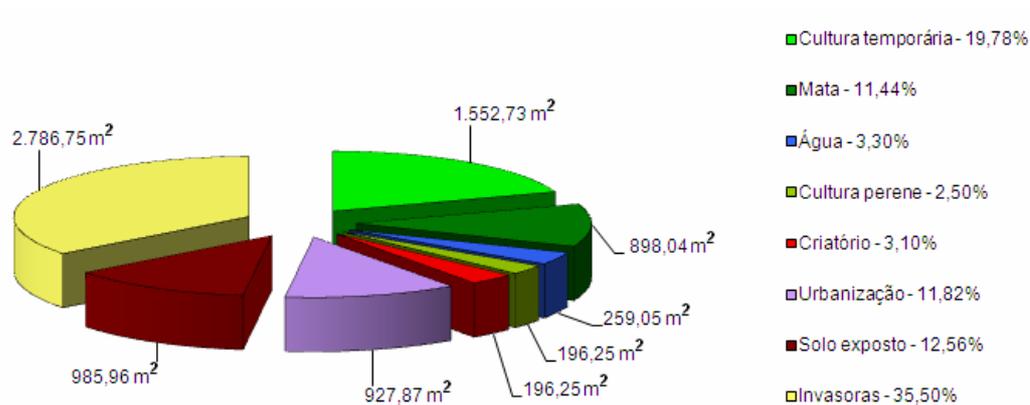


Figura 3.15 - Caracterização da nascente 08

A nascente 08 pertence à microbacia do córrego Pau Grande, está inserida em sua totalidade na zona rural do município, e está localizada em uma propriedade da comunidade que leva o nome do córrego. Utiliza-se da água desta nascente para irrigação e dessedentação de animais. Apresentou 11,44% de “mata nativa” na área da APP (Figura 3.15), sendo árvores isoladas em fragmentos não-expressivos. Esta mata não se encontra no ponto de afloramento da nascente. Os 88,56% restantes estão distribuídos em culturas perenes e temporárias, invasoras, criatório de animais, lagos e construções.

. Os impactos ambientais negativos observados foram:

- Introdução de culturas (temporária e perene), em substituição à vegetação nativa;
- Criatório (chiqueiro);
- Impermeabilização do solo: Construções de alvenaria (Figura 3.16).

Nestas condições, a nascente foi classificada como *degradada*. Roma (2008) observou em nascente agrícola do município de Inconfidentes, MG os impactos ambientais: culturas (em substituição à mata nativa) e erosões. Rocha *et al.* (2008) estudando três nascentes de Unaí, MG encontraram como uso do solo cultivo de feijão, vegetação invasora e apenas uma apresentando mata ciliar, que juntamente com este estudo confirmam a negligência ao cumprimento das APPs em todo o estado, principalmente no meio rural.



Figura 3.16 – A) Nascente 08 (na parte de baixo da foto, em caixa de cimento) e área de recarga. Aos fundos, chiqueiro, solo exposto e presença de invasoras; B e C) Cultura de capineira, invasoras, solo exposto e porção de água; D) detalhe da caixa

Nascente 09. Coordenada referência (UTM 23K) 7726654 637636 - Alt. 1041m

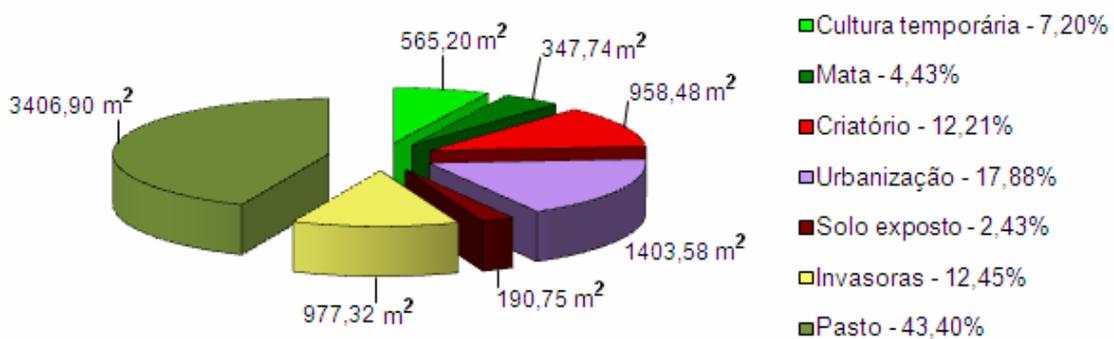


Figura 3.17 - Caracterização da nascente 09

Esta nascente também pertence à microbacia do Córrego Pau Grande, na porção mais para a foz. Localizada na comunidade rural de Maribondo, está dentro de uma

propriedade rural cuja atividade principal é a pecuária. Deve-se atentar ao fato de inexistência de mata ciliar e a proximidade da nascente com o curral, uma vez que um dos usos principais da água baseia-se no consumo humano, dentre outros. Observando a Figura 3.17, a nascente apresentou em sua área de recarga um percentual de 4,43% de “mata nativa”, como árvores isoladas contra 43,40% de “pasto” predominante. As demais classes de uso e ocupação do solo foram “cultura temporária” a 7,20%, “criatório” 12,21%, “urbanização” 17,88%, “solo exposto” 2,43% e espécies invasoras 12,45%. A nascente encontra-se muito próxima das atividades agropecuárias da fazenda, apresentando como proteção uma caixa com tampa quebrada. Pinto (2003) encontrou pastagens em 61% das nascentes por ela estudadas, e atribuiu a este valor os 0,54% de solo exposto encontrado na forma de erosões. A autora explica que o alto índice de compactação dos solos devido ao pastoreio proporciona a perda de solo.

Os principais impactos ambientais negativos observados foram:

- Impermeabilização do solo: Construções em concreto e ruas asfaltadas; ocasionando erosão laminar do solo e conseqüente ocorrência de espécies vegetais invasoras;
- Introdução de culturas temporária (capineira), e pasto, em substituição à vegetação nativa; e
- Criatório (curral) (Figura 3.18).

Nestas condições, a nascente 09 foi classificada como *degradada*.



Figura 3.18 - A) Área de preservação da nascente 09; espécies invasoras, curral e capineira ao fundo; B) Pasto

Nascente 10. Coordenada referência (UTM 23K) 7724195 640353 - Alt. 1116m

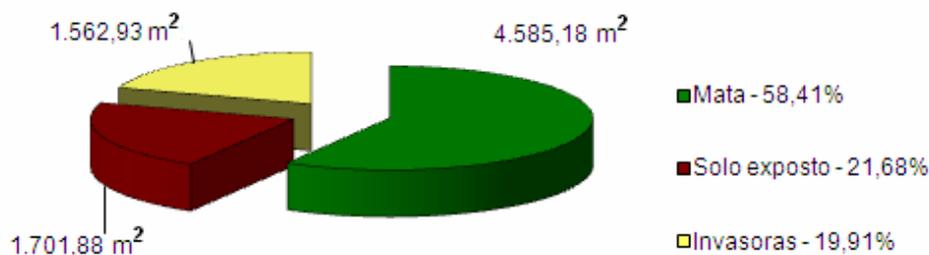


Figura 3.19 - Caracterização da nascente 10

Localizada no Córrego da Geada, a décima nascente estudada do município localiza-se em uma propriedade de comunidade rural também chamada de Geada. Esta nascente está em processo de outorga e regularização ambiental para implantação de piscicultura. Observa-se grande porção de mata ciliar em 58,41% da APP (Figura 3.19), de fisionomia floresta estacional semidecidual; e 21,68% de “solo exposto”, devido à proximidade com a estrada de terra do logradouro, além de apresentar solo solto devido intervenções agrícolas nos arredores sem as devidas práticas conservacionistas. Ocorrem 19,91% de espécies invasoras.

Logo, os principais impactos ambientais aqui observados foram:

- Solo exposto: proximidade de via não pavimentada; e
- Presença de espécies vegetais invasoras: favorecido pelo solo solto do impacto anterior (Figura 3.20).

Esta nascente foi classificada como *perturbada*.



Figura 3.20 – A) De costas para a nascente, observa-se a presença de invasoras, principalmente *Brachiaria spp.* (capim), e *Typha domingensis* (taboa), e estrada não pavimentada; B) Mata ciliar e invasoras

A listagem dos principais impactos ambientais negativos observados e a classificação das nascentes podem ser observadas na Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Classificação das nascentes e impactos negativos em sua área de recarga

Nascente	Localização	Grau de conservação	Impactos negativos observados	Coordenadas (UTM)		
				Latitude	Longitude	Altitude (metros)
1	Bacia Ribeirão Colônia	Perturbada	<ul style="list-style-type: none"> • Solo exposto • Dejetos de bovinos e equinos 	773513	635175	1500,00
2	Bacia Ribeirão Colônia	Perturbada	<ul style="list-style-type: none"> • Rede elétrica Dejetos (bovino e equino) 	773482	635582	1475,00
3	Bacia Rib. Ouro Branco	Preservada	-	773190	63621	1050,00
4	Bacia Rib. Ouro Branco	Preservada	-	773237	63571	1035,00
5	Bacia Rib. Ouro Branco	Degradada	<ul style="list-style-type: none"> • Espécies vegetais invasoras • Impermeabilização do solo 	7730995	634839	991,80
6	Bacia Córrego Ferreira	Degradada	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilização do solo • Despejo de esgoto • Resíduo sólido: lixo/entulho • Introdução de espécies vegetais inadequadas. 	7728956	633657	1041,00
7	Bacia Córrego Ferreira	Degradada	<ul style="list-style-type: none"> • Impermeabilização do solo • Resíduo sólido: lixo • Ausência de cobertura nativa • Pastagens 	7729467	636308	1005,00
8	Bacia Córrego Pau Grande	Degradada	<ul style="list-style-type: none"> • Culturas (temporária e perene) • Criatório (chiqueiro) • Impermeabilização do solo 	7728119	639271	1077,00
9	Bacia Córrego Pau Grande	Degradada	<ul style="list-style-type: none"> • Criatório (curral) • Cultura temporária (capineira) • Impermeabilização do solo 	7726654	637636	1041,00
10	Bacia Córrego Geada	Perturbada	<ul style="list-style-type: none"> • Solo exposto • Espécies vegetais invasoras 	7724195	640353	1116,00

3.3.2. Avaliação da qualidade da água

Um resumo das características de qualidade da água das nascentes e os resultados da aferição de vazões são apresentados nas Tabelas 3.4, 3.5 e 3.6.

Observando as Tabela 3.4 e 3.5, verifica-se que os níveis de temperatura das águas das nascentes apresentaram resultados semelhantes (20,50 – 22,60°C na estação seca e 18,50 – 21,80°C na estação chuvosa), refletindo condições semelhantes de sombreamento proporcionadas pela cobertura vegetal. Concordando com Bueno *et al.* (2005), que estudando nascentes do horto Ouro Verde, no município de Conchal, SP, encontraram resultados semelhantes de temperatura em nascentes com uma cobertura vegetal com predomínio de gramíneas, a qual conferiu proteção contra a radiação solar, semelhante à proteção proporcionada pela mata nativa.

A nascente 01, de acordo com as Tabelas 3.4 e 3.5, apresentou os menores valores de temperatura (20,50°C na estação seca e 18,50°C nas chuvas) em ambas as medições. A radiação solar, segundo Arcova *et al.*, (1993), é a principal variável que controla a temperatura da água.

A nascente 01 juntamente com as nascentes 03 e 04 apresentaram os menores valores de temperatura aferidos, e são as que possuem as maiores porcentagens de cobertura florestal nativa do solo, apresentando-se como mata ciliar densa e de porte grande.

A nascente 02, apesar de apresentar a segunda maior cobertura nativa, em 87,15%, caracteriza-se como campos gramíneos, de vegetação rasteira e de pequeno porte, deixando a nascente quase que totalmente exposta à radiação solar direta. Nesta encontrou-se o segundo maior valor de temperatura aferido na estação chuvosa (21,60°C) (Tabela 3.4).

Tabela 3.4 - Parâmetros de qualidade de água das nascentes na estação chuvosa

Nascentes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Parâmetros - Estação chuvosa										
Temperatura (°C)	18,50	21,60	19,80	20,10	20,90	21,80	21,10	20,80	20,70	22,00
pH	6,64	7,90	6,78	6,42	6,97	6,84	5,53	5,67	6,82	5,30
Turbidez (NTU)	1,09	1,66	3,02	2,08	12,67	19,29	3,13	2,57	4,89	0,49
Sólidos Totais (mg.L-1)	9,00	2,00	14,00	12,00	5778,00	2244,00	102,00	730,00	194,00	145,00
OD (mg.L -1 O2)	5,63	5,83	5,50	5,76	6,46	5,63	4,70	3,75	5,40	3,93
DBO (mg.L-1)	0,10	0,10	0,90	0,53	1,20	4,36	0,70	0,67	0,37	0,90
Nitrato (mg.L-1)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,01	0,23	0,10	0,42	4,25	0,27
Nitrito (mg.L-1)	<LQ									
Fosfato (mg.L-1)	0,00	0,02	<LQ	<LQ	0,02	0,29	0,01	0,20	1,34	0,22
Cloretos (mg.L-1)	1,50	0,60	0,30	0,24	0,50	1,99	2,49	62,49	52,49	7,50
Coliformes Termotolerantes (N.M.P.100 ml-1)	0,00	7,20	7,20	6,20	23,00	460,00	7,20	>2400,00	>2400,00	16,00
Metais/ metalóide										
Al (µg.L-1)	91,90	37,24	22,04	20,62	11,62	96,30	104,00	26,86	<LQ	33,01
Cu (µg.L-1)	10,79	16,08	<LQ	<LQ	<LQ	7,27	7,84	<LQ	<LQ	<LQ
Fe (µg.L-1)	86,50	108,60	62,90	54,70	1801,00	788,00	1111,00	56,70	2277,00	19,67
K (µg.L-1)	0,56	0,32	0,32	0,30	0,39	0,78	2,60	6,84	0,87	0,46
Mn (µg.L-1)	10,50	6,84	4,02	4,32	72,00	35,44	119,40	5,50	119,50	17,84
P (µg.L-1)	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	0,34	0,62	<LQ	<LQ	<LQ
Pb (µg.L-1)	<LQ									
Zn (µg.L-1)	15,20	22,12	<LQ	<LQ	<LQ	7236,00	26,56	<LQ	<LQ	4,53
As (µg.L-1)	<LQ	<LQ	46,25	<LQ						

< LQ = Valores abaixo do limite de quantificação

Tabela 3.5 - Parâmetros de qualidade de água das nascentes na estação seca

Nascentes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Parâmetros - Estação seca										
Temperatura (°C)	20,5	-	22,30	22,00	21,20	22,60	21,20	21,40	21,50	21,70
pH	5,27	-	6,67	6,82	6,69	6,74	6,27	6,63	6,54	6,36
Turbidez (NTU)	0,37	-	0,61	0,68	7,93	12,72	0,49	5,53	0,67	0,59
Sólidos Totais (mg.L-1)	3,9	-	17,54	5,53	32,35	104,70	26,80	35,50	42,50	44,63
OD (mg.L -1 O2)	6,89	-	9,13	9,07	6,10	4,30	5,06	6,40	8,60	6,92
DBO (mg.L-1)	1,86	-	2,23	1,19	0,64	3,67	0,30	0,46	0,65	0,95
Nitrato (mg.L-1)	<LQ	-	<LQ	<LQ	0,06	0,07	<LQ	0,01	0,33	0,00
Nitrito (mg.L-1)	<LQ	-	<LQ	<LQ	0,96	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Fosfato (mg.L-1)	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ	0,34	<LQ	0,01	0,86	0,00
Cloretos (mg.L-1)	2,13	-	1,49	3,50	1,99	6,50	2,49	0,21	6,27	5,99
Coliformes Termotolerantes (N.M.P.100 ml-1)	70,00	-	3,00	9,10	3,60	>2400,00	3,00	6,10	14,00	3,00
Metais/ metalóide										
Al (µg.L-1)	2519,00	-	45,22	64,00	22,61	75,40	60,30	84,30	170,70	148,60
Cu (µg.L-1)	4,93	-	<LQ							
Fe (µg.L-1)	1865,00	-	82,90	69,80	3005,00	5120,00	203,80	113,70	1659,00	96,90
K (µg.L-1)	1,24	-	0,25	0,27	0,19	2,43	0,30	0,58	4,60	0,39
Mn (µg.L-1)	58,10	-	3,88	2,32	63,20	476,30	52,60	45,72	222,50	3,44
P (µg.L-1)	<LQ	-	<LQ	<LQ	<LQ	0,16	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ
Pb (µg.L-1)	<LQ	-	<LQ							
Zn (µg.L-1)	20,51	-	<LQ							
As (µg.L-1)	<LQ	-	<LQ							

< LQ = Valores abaixo do limite de quantificação

A nascente 06 apresentou os maiores valores de temperatura, em 22,60°C para a estação seca e 21,80°C na estação chuvosa. Esta nascente, degradada, apresentou o segundo maior valor de “urbanização” em sua APP, em 31,87%. Santos *et al.* (2007), encontraram um valor de temperatura igualmente alto, de 30,4°C, em nascente urbanizada do córrego Romão dos Reis, no município de Viçosa, MG.

As nascentes 05, 07 e 10 encontram-se sombreadas por plantas invasoras e culturas agrícolas, e as nascentes 08 e 09 apresentaram caixa protetora.

Von Sperling, (1995), descreveu que a maioria das espécies animais e vegetais tem exigências definidas quanto às temperaturas máximas e mínimas toleradas, sendo as variações de temperatura da água parte do regime climático natural, influenciando o metabolismo de comunidades aquáticas, a produtividade primária, a respiração dos organismos e a decomposição da matéria orgânica.

Os valores de pH aferidos apresentaram de forma geral caráter ácido. Esses valores aumentaram na época chuvosa e diminuíram na estação seca. Segundo a Portaria nº518 de 2004 do Ministério da Saúde, o pH da água potável deve ser mantido na faixa de 6 a 9,5. Valores abaixo foram encontrados na nascente 01, com pH de 5,27 (Tabela 3.5) na estação seca, e nascente 09 em 5,30 na estação chuvosa (Tabela 3.4). De acordo com Paula *et al.* (2004), os solos da serra do Ouro Branco são ácidos e extremamente pobres em nutrientes, o que explica o baixo pH na nascente 01.

Castro (1980), ao estudar a influência da cobertura vegetal na qualidade da água, em duas microbacias hidrográficas na região de Viçosa - MG, sendo uma de uso agrícola e outra de uso florestal, identificou, respectivamente, pH de 5,6 a 6,8 e de 5,5 a 6,5. Oliveira (1989), em estudos sobre a qualidade da água em diferentes coberturas vegetais (pinus, eucalipto, café, pastagem e mata nativa), encontrou valores de pH entre 5,5 e 5,6, concordando com os encontrados neste estudo.

A acentuada turbidez encontrada nas amostras obtidas na época das chuvas já era esperada, em razão das partículas sólidas que são naturalmente carreadas para os cursos d'água, além do fato de que ocorre um acréscimo de turbilhamento das partículas decantadas no leito do próprio curso d'água, durante o período das secas. A turbidez

aferida mostrou-se bastante variável, inclusive entre nascentes com mesmo uso de solo. Arcova e Cicco (1993), explicam que este comportamento deve-se, provavelmente, a diferenças geomorfológicas e hidrológicas dos municípios.

Observou-se que as nascentes com maior porcentagem de floresta apresentaram menores valores de turbidez, sendo o menor valor encontrado na nascente 01 com 0,37NTU (Tabela 3.5). Resultado semelhante encontrado por Arcova e Cicco (1993), onde as microbacias com uso agrícola apresentaram turbidez superior que as microbacias florestadas.

Todas as nascentes analisadas demonstraram valores menores que 100NTU, exigidos pelo Conama para a classe 2. Esta Resolução diz que águas doces classificadas como classe 2 podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e a aqüicultura e à atividade de pesca.

Entretanto, para a Portaria n.518/04 do Ministério da Saúde sobre o padrão de aceitação para o consumo humano, o valor máximo aceitável é de 5NTU. Nestas condições, as nascentes 05 (12,67NTU), 06 (19,29NTU) e 08 (5,53NTU) apresentaram valores maiores que o padrão. Estes valores são superiores ao encontrado por Perreto *et al.* (2009), de 4,23NTU em nascente do córrego André, que assim como as nascentes 05 e 06, apresentaram “urbanização” em sua APP na forma de uma rodovia, impermeabilizando o solo.

Para a nascente 08, este valor elevado pode ter ocorrido devido à presença de erosão pelo solo exposto, como consequência da compactação e da desestruturação do solo ocasionada pelo manejo indevido da pastagem, fato evidenciado no estudo de Guerra *et al.* (1999). O solo erodido carregado para a nascente faz alterar a turbidez da água, que corrobora os achados de Pinto (2003).

Com relação aos sólidos totais, constatou-se que 03 nascentes (05, 06 e 08) apresentaram valores acima do estabelecido pela *Resolução* Conama para a classe 2, de

500mg.L⁻¹ (Tabelas 3.4 e 3.5). Para o Ministério da Saúde, entretanto, a água da nascente 10 pode ser utilizada para consumo humano. A ausência de floresta estabelecida e conseqüentemente a inexistência de serrapilheira podem explicar o alto acúmulo de partículas nas nascentes 05 (5778mg.L⁻¹) e 08 (730mg.L⁻¹) (Tabela 3.4), que apresentaram o maior porcentual de solo exposto.

Porém, o menor valor aferido foi na nascente 02, de 2mg.L⁻¹. Valor próximo ao encontrado por Roma (2008), que avaliando nascentes com diferentes usos de solo no município de Inconfidentes, MG, encontrou valores nulos para sólidos totais em nascente que apresentou mata ciliar preservada. O maior valor aferido por ela foi de 748mg.L⁻¹, em nascente que apresentava pastagem como cobertura vegetal, semelhante ao encontrado na nascente 08. Silva *et al.* (2009) analisando a qualidade da água do reservatório da usina hidrelétrica de Peti, MG, observaram que na época chuvosa, os parâmetros sólidos e turbidez aumentaram a concentração, concordando com o encontrado neste trabalho.

Os sólidos encontrados na nascente 06 provavelmente devem-se ao acúmulo de lixo e a presença do esgoto. Porto *et al.* (1991) explicam que todas as impurezas da água, com exceção dos gases dissolvidos, contribuem para a carga de sólidos presentes nos corpos d'água. Excessos de sólidos dissolvidos na água podem causar alterações de sabor e problemas de corrosão.

Para o parâmetro oxigênio dissolvido, as nascentes 06, 07, 09 e 10 tiveram valores abaixo de 5mg.L⁻¹ O₂ (Tabelas 3.4 e 3.5), sendo este valor o mínimo exigido para corpos d'água classe 2, de acordo com o estabelecido pela Resolução Conama n.357/05. Branco (1986), explica que organismos de respiração aeróbica que, continuamente, utilizam os materiais orgânicos como fonte de alimento, oxidam-os na respiração a fim de liberar energia neles contida, consumindo, assim, oxigênio dissolvido.

Como se pode observar nas Tabelas 3.2 e 3.3, as nascentes 01, 02, 03, 04, 05 e 08 apresentaram valores mais elevados do parâmetro, sendo 03 a que apresentou o maior valor, em 9,13mg.L⁻¹O₂ (Tabela 3.5). Arcova e Cicco (1993) encontraram resultados semelhantes em estudos na bacia do Cunha, onde as concentrações de oxigênio dissolvido na água das microbacias florestadas apresentaram valores muito próximos,

enquanto a microbacia onde predominava agricultura teve níveis bastante inferiores às demais. Carvalho *et al.* (2000), afirmam que o excesso de matéria orgânica na água ocasiona a diminuição do teor de oxigênio dissolvido e que, no processo de decomposição, dentro do ambiente aquático, há consumo de oxigênio.

Almeida *et al.* (2004), encontraram valores de OD em nascentes do ribeirão dos Porcos em espírito Santo dos Pinhais, SP, variando entre $4,57\text{mg.L}^{-1}$ e $5,9\text{mg.L}^{-1}$, e apresentaram este valor como normal para nascentes, uma vez que a água, quando retida no lençol freático apresenta-se isenta deste gás, uma vez que não há contato com a atmosfera.

Primavesi *et al.* (2002) *apud* Donadio *et al.* (2005), avaliando a qualidade da água em áreas com diferentes usos do solo, verificaram que, na nascente com mata, a qualidade da água se mostrou melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo turbidez, pH e oxigênio dissolvido (OD) as variáveis que melhores explicam essas diferenças.

Segundo von Sperling (1995), a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é uma característica de fundamental importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água. O autor explica que a presença de matéria orgânica nos corpos d'água é a principal causa de poluição destes; pois eleva o consumo do oxigênio dissolvido pelos microorganismos nos seus processos metabólicos de utilização e estabilização da matéria orgânica. As nascentes estudadas apresentaram valores de DBO dentro dos limites de valores máximos estabelecidos pela Resolução Conama 357/05 para corpos d'água classe 2, de até 5mg.L^{-1} . A nascente 06 apresentou o maior valor, de $4,36\text{mg.L}^{-1}$, provavelmente devido ao despejo de esgoto doméstico.

Roma (2008) encontrou valores de DBO abaixo de $0,5\text{mg.L}^{-1}$ em nascente florestada, $2,8\text{mg.L}^{-1}$ em nascente com pastagem e $1,9\text{mg.L}^{-1}$ em nascente urbana, indo contra aos valores encontrados neste trabalho, de $0,10\text{-}2,23\text{mg.L}^{-1}$ em nascentes florestadas, $0,46\text{-}0,63\text{mg.L}^{-1}$ em nascentes apresentando pasto em sua área de recarga e $3,7\text{mg.L}^{-1}$ em nascente urbana.

O parâmetro nitrato apresentou valores abaixo de limite de quantificação para as nascentes 01, 02, 03 e 04, na estação chuvosa, e 01, 03, 04 e 07 na seca. Com a

caracterização física das nascentes verificou-se que estas foram as que apresentaram o maior raio de cobertura florestal, concordando com o estudo de Sopper (1975) *apud* Donadio *et al.* (2005), que mostrou que áreas de recarga com vegetação promovem a proteção contra a sedimentação e a lixiviação excessiva de nutrientes, sendo essas áreas muito importantes para manter o abastecimento de água de boa qualidade.

Thomas *et al.* (2004) observaram que as concentrações de nitrato são drasticamente aumentadas em córregos que passam de uma área de florestada para área de pastagem, concordando com o observado neste estudo.

Menezes *et al.* (2009), ao estudar uma nascente da bacia hidrográfica do rio São Domingos, RJ, encontraram inconformidades no parâmetro nitrato, que apresentou valores acima ao máximo permitido. De acordo com os autores, o nitrato na água subterrânea acima de 5mgL^{-1} indica a ocorrência de alguma fonte antrópica, podendo estar relacionada às fontes pontuais (esgotos) ou difusas (resíduos da agricultura).

O nitrito analisado apresentou valores abaixo de limite de quantificação em todas as nascentes na estação chuvosa, e na estação seca só foi identificado na nascente 05. Resultado igualmente encontrado por Carmo *et al.* (2007), que não identificou o parâmetro nas águas por ele estudadas. O autor explica que a oxidação do nitrito em nitrato em águas superficiais é bastante rápida, em função das condições oxidantes do meio.

Em relação ao fosfato, os maiores valores aferidos, em ambas as estações foram das nascentes 06, 08, 09 e 10, que ultrapassaram o valor máximo permitido pela Conama 375/05 de $0,1\text{mg.L}^{-1}$. A nascente 06 apresentou despejo de esgoto doméstico. Guedes *et al.* (2003), explicam que o fosfato, além de estar relacionado à oxidação dos esgotos urbanos, pode ser proveniente da decomposição química dos polifosfatos utilizados na fabricação de detergentes.

As nascentes 08, 09 e 10 são as localizadas na zona rural do município. A presença do fosfato na água destas nascentes corrobora com estudos de von Sperling (1996) que salienta que a classe de compostos organofosforados está presente nos defensivos mais utilizados na agricultura brasileira para o controle de diversos tipos de pragas. O autor

explica que as aplicações indiscriminadas desses compostos pelos agricultores podem resultar em graves problemas de contaminação do solo. Ainda segundo o autor, a transferência desses pesticidas do solo para a água ocorre principalmente pelo escoamento superficial e por lixiviação.

Roma (2008), encontrou o valor de fosfato de $0,126\text{mg.L}^{-1}$ em uma nascente que apresentava pastagens em sua área de recarga. A autora explica que este valor pode ser devido à presença desse elemento nas fezes ou rompimento de depósitos naturais em conseqüentes à erosão de rochas que contenham fosfatos, agravados pela ausência da vegetação.

Segundo Silva e Pruski (1997), o papel do elemento fósforo em fosfato total é essencial na eutrofização dos recursos hídricos, e a origem desse nutriente a partir de áreas agrícolas tem sido colocada em relevância como indicador de qualidade de água, já que outros indicadores, como sólidos em suspensão e turbidez, estão associados ao transporte de fósforo. Nesse trabalho, ficou evidente a influência da concentração de fosfato na deterioração da qualidade da água, sendo o uso agrícola e o esgoto os principais causadores.

Para o parâmetro cloretos, os valores aferidos nas nascentes em ambas as campanhas apresentaram-se abaixo do padrão de aceitação para consumo humano, determinado pela Portaria n°518/04 do Ministério da Saúde, de 250mg.L^{-1} .

Os maiores valores de cloretos encontrados foram das nascentes 08 ($62,49\text{mg.L}^{-1}$) e 09 ($52,49\text{mg.L}^{-1}$) na estação chuvosa (Tabela 3.4). Na estação seca, o maior valor aferido foi o da nascente 06, que apresentou $6,499\text{mg.L}^{-1}$ (Tabela 3.5) contra $1,99\text{mg.L}^{-1}$ aferido nas chuvas. As nascentes 09 e 10 apresentaram valores de $6,27\text{mg.L}^{-1}$ e $5,99\text{mg.L}^{-1}$ nesta estação, respectivamente (Tabela 3.5). Uma possível explicação seria que o despejo do esgoto doméstico na nascente 06 acarretaria um alto valor de cloretos, valor este que diminui na estação chuvosa decorrente do esgoto ser diluído com o volume de água da chuva escoado.

Nas nascentes 08, 09 e 10, tipicamente rurais, observou-se a presença de culturas agrícolas no entorno, e na estação das chuvas pode ocorrer a lixiviação de compostos

organoclorados para as nascentes. Santos e Wilson (2010), analisando cloretos em água como resíduo de agrotóxicos no município de Honório Serpa, encontrando valores que vão de 8,7 a 212mg.L⁻¹. Carmo *et al.* (2007) explicam que as possíveis fontes de cloretos são os esgotos domésticos e/ou fertilizantes, confirmando Cetesb (2005), que afirma que fontes importantes de cloretos são as descargas de esgotos sanitários, pois cada pessoa expele através da urina cerca 6 g de cloreto por dia, o que faz com que os esgotos apresentem concentrações de cloreto que ultrapassam a 15mg.L⁻¹.

Os cloretos não causam efeitos adversos à saúde humana, entretanto, variações nas concentrações de cloretos de uma água podem causar uma alteração na comunidade biótica não havendo, entretanto, recomendações para proteger a vida aquática (Queiroz, 2005).

Quanto ao número de coliformes termotolerantes, todas as nascentes analisadas estão fora do padrão exigido para consumo, que de acordo com o Ministério da Saúde devem estar isentas dos coliformes.

Para o Conama n° 357/05, o valor máximo de coliformes termotolerantes para corpos d'água classe 2 é 1000N.M.P.100mL⁻¹. Na estação chuvosa, apenas 02 nascentes ultrapassaram este valor, as nascentes 08 e 09, ambas apresentando >2400N.M.P.100 mL⁻¹ (Tabela 3.4). Este resultado deve-se ao fato de estas nascentes apresentarem em suas áreas de recarga criatórios (chiqueiro e curral), e com as chuvas as fezes dos animais podem ter sido carregadas para as nascentes. Valias *et al.* (2002), estudando coliformes termotolerantes em nascentes agrárias na cidade de São João da Boa Vista, SP, encontraram altos valores do parâmetro, e afirmaram que a água proveniente de lençóis subterrâneos de estações agrárias apresenta precária qualidade higiênico-sanitária, corroborando com o encontrado para as nascentes 08 e 09.

Nas nascentes 01 e 02, apesar de terem sido observadas fezes de animais como impacto ambiental negativo apresentaram os menores valores de coliformes termotolerantes (0N.M.P.100 mL⁻¹ e 7,2N.M.P.100 mL⁻¹ respectivamente) na estação seca (Tabela 3.5). Estes valores podem ser explicados pelo fato de as fezes não estarem no ponto de afloramento das nascentes, mas sim no raio correspondente à APP. Na estação das chuvas, a nascente 01 apresentou um alto valor de coliformes termotolerantes em

relação às demais (70N.M.P.100 mL⁻¹). Neste caso, assim como nas nascentes 08 e 09, as fezes podem ter sido carregadas para a nascente pela água da chuva.

Na estação seca, apenas a nascente 06 apresentou valor acima do padrão para coliformes termotolerantes (>2400N.M.P.100 mL⁻¹). Valor este explicado pelo despejo de esgoto, pois segundo Oga (2003), os coliformes atuam como indicadores de lançamentos orgânicos, sendo esta característica expressa em densidade. Estes indicadores apontam à presença de poluição fecal e também por organismos que ocorrem em grande número na flora intestinal humana e de animais de sangue quente. Os menores valores de coliformes aferidos nesta estação foram das nascentes 03, 07 e 10, todas apresentando 3N.M.P.100 mL⁻¹. A determinação da concentração dos coliformes assume importância como parâmetro indicador da possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como febre tifóide, febre paratifóide, disenteria bacilar e cólera (Cetesb, 2001).

O metal alumínio (Al) analisado nas nascentes apresentou valores superiores na estação das chuvas, concordando com Cetesb (2001), que explica que o aumento da concentração de alumínio está associado com o período de chuvas. No trabalho de Guedes *et al.* (2005), que estudaram metais pesados em água do rio Jundiá, em Macaíba, RN, houve inversão, com valores maiores de alumínio aferidos para a época de estiagem.

As nascentes 01, 02, 06 e 07 apresentaram os maiores valores de alumínio detectados, sendo 2519µg.L⁻¹ (Tabela 3.5) o maior aferido, na nascente 01. Lembrando que as nascentes 01 e 02 estão situadas no alto da serra do Ouro Branco, Paula *et al.* (2004), apresentam os solos da serra do Ouro Branco como ácidos, extremamente pobres em nutrientes e apresentam o elemento Al³⁺ em abundância, demonstrando um caráter álico.

O alto teor de alumínio nas nascentes 06 e 07 pode ser explicado pela presença de lixo observada em ambas e esgoto na nascente 06, pois de acordo com Cetesb (2001) o Al em águas deriva do tratamento químico de águas, que posteriormente vão para o esgoto. Corroborando com o estudo de Guedes *et al.* (2005), que observou o aumento de concentração de alumínio em trecho urbano.

Os maiores valores de cobre (Cu) foram detectados nas nascentes 01 ($10,79\mu\text{g.L}^{-1}$) e 02 ($16,08\mu\text{g.L}^{-1}$) na estação chuvosa, enquanto baixos valores foram detectados nas nascentes 06 ($7,27\mu\text{g.L}^{-1}$) e 07 ($7,84\mu\text{g.L}^{-1}$) (Tabela 3.4). As demais não apresentaram o elemento em níveis para detecção. Guedes *et al.* (2003) explicam que valores de cobre detectados em seu trabalho são devidos, pelo menos em parte, à atividade antropogênica na região, contrariando o encontrado neste estudo. O município está inserido no Quadrilátero Ferrífero, então altos teores de Cu devem ser detectados em seus solos.

De acordo com Cetesb (2001) o cobre ocorre geralmente nas águas, naturalmente, em concentrações inferiores a $20\mu\text{g.L}^{-1}$. Quando em concentrações elevadas, é prejudicial à saúde e confere sabor às águas. As fontes de cobre para o meio ambiente incluem corrosão de tubulações de latão por águas ácidas, efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial e contaminação da água subterrânea a partir de usos agrícolas do cobre como fungicida e pesticida no tratamento de solos e efluentes, e precipitação atmosférica de fontes industriais.

O elemento ferro (Fe) foi detectado em todas as amostras e em ambas as estações. A estação chuvosa foi a que apresentou os maiores valores, com exceção da nascente 07, que na estação chuvosa apresentou $2277\mu\text{g.L}^{-1}$ (Tabela 3.4), contra $1659\mu\text{g.L}^{-1}$ da estação seca (Tabela 3.5). Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e a ocorrência de processos de erosão das margens (Cetesb, 2001).

Os maiores valores de ferro detectados foram $1865\mu\text{g.L}^{-1}$ (nascente 01), $3005\mu\text{g.L}^{-1}$ (nascente 05) e $5120\mu\text{g.L}^{-1}$ (nascente 06). Paula *et al.* (2004), descreve o ambiente de topo da paisagem na serra do Ouro Branco como cambisolos rasos, com teor de Fe muito elevado e extremo grau de intemperismo, o que justifica o elevado teor na nascente 01. Na nascente 06, o despejo de esgoto pode explicar o alto teor de ferro detectado. Não foi encontrado na literatura relatos sobre teores de ferro em nascentes para comparar com este trabalho. Reforçando o citado acima, o município encontra-se no Quadrilátero Ferrífero, sendo natural a presença do elemento nos solos.

O limite máximo permitido para o ferro é $0,30\text{mg.L}^{-1}$ ($300\mu\text{g.L}^{-1}$), tanto para o Conama 357/05 (classe 2) como para a Portaria 518/04 (consumo humano). Nas águas superficiais, o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento de solos e à ocorrência de processos de erosão das margens (Cetesb, 2005). O ferro, apesar de não se constituir em um tóxico, traz diversos problemas para o abastecimento público de água. Confere cor e sabor à água, provocando manchas em roupas e utensílios sanitários. Também traz o problema do desenvolvimento de depósitos em canalizações e de ferro-bactérias, provocando a contaminação biológica da água na própria rede de distribuição (Cetesb, 2005).

O elemento chumbo (Pb) não foi detectado em nenhuma amostra nas duas campanhas de coleta.

O maior nível de zinco (Zn), $7236\mu\text{g.L}^{-1}$ (Tabela 3.4), foi detectado na nascente 06 destoando das demais que apresentaram valores baixos (entre 4 a $26\mu\text{g.L}^{-1}$) ou nem foram detectados. Este nível pode ser explicado pelo despejo de esgoto, já citado anteriormente. Guedes *et al.* (2005) detectaram um aumento das dosagens do elemento Zn evidenciado a partir da zona urbana do trecho investigado do rio Jundiá. Os autores acusam este aumento pelo despejo de esgoto e efluentes industriais.

Cetesb (2001), explica que a presença de zinco é comum nas águas naturais, mas concentrações acima de $5,0\text{mg.L}^{-1}$ ($5000\mu\text{g.L}^{-1}$), confere sabor à água e certa opalescência a águas alcalinas, além de efeitos tóxicos sobre os peixes. Em águas superficiais, normalmente as concentrações estão na faixa de <1 a $100\mu\text{g.L}^{-1}$. É largamente utilizado na indústria e pode entrar no meio ambiente através de processos naturais e antropogênicos, principalmente industriais e efluentes domésticos.

O metalóide arsênio (As) foi detectado em apenas uma nascente (03), na campanha da estação chuvosa.

Segundo Borba *et al.* (2004), o elemento arsênio aparece em rochas e em minérios, e sua origem em sedimentos e nas águas superficiais se devem à oxidação natural das rochas. Nas rochas do Quadrilátero Ferrífero, o arsênio ocorre principalmente em minerais como a arsenopirita e pirita, que estão associados ao minério de ouro. Os

autores explicam que o arsênio encontrado em águas subterrâneas se deve ao processo de oxidação natural da arsenopirita e da pirita encontradas nas rochas auríferas sulfetadas, e as fontes antrópicas são as pilhas de rejeito, solos e sedimentos contaminados por meio do lançamento dos rejeitos da mineração. Os autores encontraram concentrações variando de 2 a 2980 $\mu\text{g.L}^{-1}$ de arsênio em águas coletadas em algumas minas auríferas subterrâneas e nascentes das regiões de Ouro Preto e Mariana, MG. Como a nascente 03, investigada neste trabalho encontra-se preservada e não possui atividade mineradora ou outra fonte de impacto antrópico em sua APP, o valor de 46,25 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Tabela 3.4) detectado em sua água deve ser de origem natural. Ainda de acordo com os autores, outro aspecto do arsênio em água é o modo errático de sua ocorrência, ou seja, concentrações discrepantes em locais próximos. O que pode justificar sua ocorrência em apenas uma nascente neste estudo.

De acordo com a Funasa (2001), o valor máximo permitido para consumo humano é de 10 $\mu\text{g.L}^{-1}$ de As.

O elemento fósforo (P) só foi detectado em duas nascentes (06 e 07), com valores variando de 0,16 a 0,62 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (Tabela 3.4). Este valor é devido, pelo menos em parte, à atividade antropogênica na região. Filippo (2000) explica que há alteração na composição química da água quando são despejados resíduos domésticos, pois são ricos em gorduras e detergentes, além de compostos orgânicos que contém fósforo. Perreto *et al.* (2009), detectaram um valor correspondente a 800 $\mu\text{g.L}^{-1}$ em nascente antropizada, muito superior aos encontrados neste estudo.

Baixos níveis de potássio (K) foram detectados nas nascentes, sendo na estação seca os maiores valores aferidos em 4,60 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (nascente 09) e 2,43 $\mu\text{g.L}^{-1}$ (nascente 06) (Tabela 3.5). Na estação chuvosa os maiores valores apresentaram 6,84 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na nascente 08 e 2,60 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na nascente 07 (Tabela 3.4). As demais em ambas as estações apresentaram valores inferiores a 1,00 $\mu\text{g.L}^{-1}$.

A grande concentração de K em águas de superfície é devida à lixiviação de fertilizantes, principalmente em áreas agrícolas. Sais de potássio são largamente usados na indústria e em fertilizantes para agricultura e entra nas águas doces com descargas industriais e lixiviação das terras agrícolas (Cetesb, 2001), confirmando o resultado das

nascentes 08 e 09. Guedes *et al.* (2005) reforçam que valores de potássio detectados em água provêm de despejo *in natura* de matéria orgânica, incluindo detergentes através dos esgotos domésticos, justificando o encontrado na nascente 06.

Latossolos, a classe de solo predominante no município de Ouro Branco, apresentam-se deficientes em nutrientes, com baixa fertilidade natural, sendo em sua maioria ácidos, com baixos teores de potássio e fósforo (Prefeitura Municipal de Ouro Branco, 2006), justificando de forma geral os baixos teores de K encontrados, bem como do elemento fósforo comentado acima.

Para o metal manganês (Mn), apresentaram os maiores valores as nascentes 01, 05, 06, 07 e 09, com valores entre 58,10 a 476,3 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na estação seca e 72,00 a 119,50 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na chuvosa (Tabelas 3.4 e 3.5). Normalmente, as concentrações desse elemento não ultrapassam 0,2 mg.L^{-1} (200 $\mu\text{g.L}^{-1}$) em quase todas as águas naturais (Santos, 2000).

Menezes *et al.* (2009) encontraram inconformidades nos valores de manganês em 83,33% das nascentes estudadas no sistema agrícola do rio São Domingos, RJ. Os autores explicam que dentre as muitas fontes do manganês, encontram-se os resíduos de fertilizantes e os fungicidas utilizados nas propriedades. Dessa forma, podem-se relacionar à agricultura as grandes concentrações encontradas na nascente 09. O alto teor de manganês nas águas profundas pode ter relação com a composição das rochas da região, pois ainda de acordo com Menezes *et al.* (2009), esse metal é encontrado em minerais como granada, biotita e hornblenda, bem como sua ocorrência em solos do NE do Quadrilátero Ferrífero.

O parâmetro “vazão” não pode ser aferido na nascente 05, pelo fato desta nascente apresentar-se difusa, com encharcamento do solo, e a nascente 02 só pode ser aferida em estação chuvosa por apresentar-se intermitente.

De acordo com a Tabela 3.6, a maior vazão encontrada foi de 0,220 L.s^{-1} , na nascente 01 durante a estação chuvosa, e a menor 0,045 L.s^{-1} na nascente 08. Estes resultados diferem dos encontrados por Roma (2008), onde as nascentes por ela estudadas que apresentaram floresta nativa como uso do solo apresentaram valores de vazão na estação chuvosa inferiores quando comparadas às de cobertura agrícola. A explicação, segundo

Bertoni e Lombardi Neto (1990) baseia-se que quando há ocorrência de chuva em um solo com cobertura florestal, a capacidade de infiltração é maior do que em um solo descoberto, pois a água percola pelas raízes das árvores, abastecendo o lençol freático e conseqüentemente reduzindo a velocidade de escoamento e conseqüentemente a erosão.

A nascente 07 apresentou o segundo maior valor de vazão para a estação das chuvas, em $0,193\text{L.s}^{-1}$. Esta nascente apresenta-se impermeabilizada em 34,17% de sua recarga com urbanizações, e pastagens em 23,68% como maiores classes de uso de solo. A impermeabilização do solo aumenta o escoamento superficial da água da chuva. Segundo Davide *et al.* (2004) e Arcova *et al.* (1993), quando há ocorrência de chuva, a área de recarga, ocupada por pastagem desprovida de práticas de conservação do solo e intensamente pisoteadas, não auxilia na infiltração e sim no escoamento superficial, e conseqüentemente, não abastece o lençol freático, causando uma vazão cada vez menor devido à escassez de chuva o que leva a um aumento significativo nos períodos chuvosos por não segurar a água no solo.

Tabela 3.6 - Medidas de vazão das nascentes e variação (%) entre estações chuvosa e seca

Nascente	Vazão (L.s-1) Chuvosa	Vazão (L.s-1) Seca	Variação (%)
1	0,220	0,097	56,05
2	0,060	-	-
3	0,105	0,094	10,56
4	0,120	0,083	30,83
5	-	-	-
6	0,070	0,037	47,14
7	0,193	0,116	39,90
8	0,045	0,104	133,63
9	0,058	0,048	17,24
10	0,130	0,026	80,00
Média	0,111	0,076	
Desvio Padrão	0,062	0,034	
CV (%)	55,606	44,711	

Costa (2004), estudando nascentes com pastagens em seu entorno encontrou de forma geral valores baixos para vazão, que variavam de $0,00\text{L.s}^{-1}$ a $0,12\text{L.s}^{-1}$, concordando com os encontrados neste trabalho.

Na estação seca, as nascentes florestadas 01, 03 e 04 apresentaram valores de vazão maiores às apresentadas por 06, 09 e 10, que não possuem mata ciliar significativa. A nascente 06 apesar de apresentar 40,54% de mata nativa em seu entorno, esta se encontra em cota abaixo do ponto de afloramento, não contribuindo efetivamente em sua recarga. Lima (1986) salienta que a presença da vegetação ciliar regula o volume de água em função da excelente cobertura protetora à superfície do solo, permitindo, desta forma, o bom funcionamento do processo de infiltração em detrimento dos processos de escoamento superficial e de erosão. Ambicenter (2001) reportam que essa regulação é possível pelo fato da água retida pela floresta ser liberada lentamente.

A maior variação de vazão entre as duas estações em uma mesma nascente apresentou 133,63%, na nascente 08, cujo uso do solo se expressa em oito diferentes classes, entre pasto, criatórios, culturas (perene e temporária). Segundo Pinto (2003) as culturas agrícolas deixam o solo exposto durante parte do ano acarretando menor quantidade de água infiltrada devido à redução do atrito da água da chuva com a falta de cobertura vegetal do solo. A menor variação de vazão ocorreu na nascente 03, em 10,56%. Ferreira *et al.* (2000) explicam que uma das principais funções hidrológicas das matas ciliares consiste em assegurar a perenidade das nascentes, uma vez que esta contribui na recarga da água no subsolo.

3.3.3. Índice de Qualidade de Água (IQA)

Com base nos valores obtidos para as características OD, coliformes termotolerantes, pH, DBO, fosfato total, temperatura, nitrato, turbidez e sólidos totais calcularam-se os valores de IQA para as nascentes. Na Tabela 3.7 estão apresentados os valores de IQA calculados para as nascentes.

As nascentes apresentaram de forma geral IQA de classificação “Bom”. Pela Tabela 3.7 nota-se que a nascente 01, classificada como *perturbada* apresentou o maior valor de IQA calculado (90,66) na estação chuvosa, o que significa uma qualidade ambiental “excelente” para esta nascente. Na estação seca, porém, apresentou padrão “bom” com valor de 72,51 para o IQA.

Tabela 3.7 - Valores de IQA e classificação das nascentes amostradas

Nascente	Estado de conservação	IQA (seca)		IQA (chuva)	
		Valor	Classificação	Valor	Classificação
1	Perturbada	72,51	Bom	90,66	Excelente
2	Perturbada	-	-	87,56	Bom
3	Preservada	89,41	Bom	85,11	Bom
4	Preservada	88,57	Bom	84,46	Bom
5	Degradada	86,40	Bom	75,54	Bom
6	Degradada	51,67	Médio	64,80	Médio
7	Degradada	77,46	Bom	70,73	Bom
8	Degradada	82,33	Bom	60,90	Médio
9	Degradada	89,37	Bom	51,23	Médio
10	Perturbada	85,13	Bom	40,16	Ruim

Observou-se também redução no valor do IQA da estação seca para a chuvosa em todas as nascentes, exceto na nascente 06. Concordando com Borges (2009), que estudando nascentes do ribeirão do Funil (Ouro Preto, MG), observou que houve redução no índice de qualidade da água das amostras coletadas de água do período seco para o chuvoso. O autor explica que o escoamento superficial pode ter contribuído para tal fato, favorecendo a entrada de contaminantes de origem fecal e de carga orgânica, além do aumento do volume de água, o qual possibilitou o revolvimento do fundo e ressuspensão de partículas elevando a concentração da turbidez, sólidos e da demanda bioquímica de oxigênio.

Com relação às nascentes agrícolas aqui estudadas (08, 09 e 10) a estação chuvosa ainda favorece o escoamento de resíduos agrícolas (fertilizantes, agrotóxicos e adubos) para as nascentes, reduzindo a qualidade de água e conseqüente redução do valor de IQA.

Este fato não foi observado nas nascentes 01 e 06, que apresentaram aumento no valor de IQA da estação seca para a chuvosa. A nascente 06 apresentou uma carga de poluição pontual, na forma de despejo de esgoto. Quando na estação das chuvas, a concentração dos poluentes provenientes da carga de esgoto despejado é diminuída, diluído pela disponibilidade hídrica, explicando o aumento do valor do IQA.

A nascente 01 apresentou baixo valor de IQA devido ao elevado número de coliformes termotolerantes, provavelmente devido às fezes encontradas em sua área de recarga. Na estação chuvosa, este número pode ter sido diluído, ou a nascente não apresentar as fezes em seu entorno, ocasionando um aumento no valor do IQA.

Deve-se destacar que embora as nascentes estejam enquadradas dentro de categorias aceitáveis do indicador IQA, alguns parâmetros não se adequam à qualidade da água para consumo humano. As nascentes 08 e 09 apresentaram padrões de coliformes termotolerantes acima do recomendado na portaria 518/MS e a despeito deste achado, foram classificadas na categoria de IQA “bom”.

Roma (2008) encontrou o maior valor de IQA calculado de 90,64 em nascente florestada, concordando com este estudo. Em nascente com pastagem a autora encontrou um valor de 58,07, em nascente urbana 65,19 e 75,02 em nascente agrícola. Rabelo *et al.* (2009), estudando qualidade de água no bioma cerrado em bacias que apresentaram diferentes usos de solo, afirmam que quanto maior o nível de preservação da bacia, melhor a qualidade de sua água. Os autores encontraram valores médios de IQA de 49,00 em bacia antropizada, que apresentava como principais atividades agricultura, pecuária e urbanização, e 62,00 em bacia que abrigava uma Área de Preservação ambiental na forma de um Parque Estadual. Além do uso da terra, salientam que outros fatores podem contribuir para as diferenças na qualidade geral da água tais como tecnologias de plantio (surgimento de erosões, volume de defensivos agrícolas) e relevo (escoamento superficial da água).

Matos *et al.* (2003) compararam nascentes da bacia hidrográfica do arroio Passo Fundo em pontos com presença de mata nativa (capões isolados e mata ciliar), e campos de áreas cultivadas, com predomínio da cultura de arroz. Os autores classificaram de forma geral o IQA do ponto com floresta nativa como “bom”, e “médio” e “ruim” no ponto com cultura agrícola, corroborando com este estudo. Os autores justificam esgotamento sanitário, resíduos industriais, resíduos agroquímicos e ocupação das margens do arroio como os impactos ambientais mais visíveis.

Tamiosso *et al.* (2006), avaliaram para nascentes da Bacia Hidrográfica do Campus da Universidade Federal de Santa Maria IQA na faixa considerada como “ruim” devido ao intenso processo de urbanização, classificação inferior à atribuída neste trabalho para nascentes urbanizadas (05, 06 e 07), que obtiveram uma classificação variando entre “médio” e “bom”.

Lopes *et al.* (2008) destacam que uma avaliação rigorosa da qualidade de corpos de águas não pode ficar restrita apenas aos resultados do IQA, uma vez que esse índice leva em consideração apenas os parâmetros que podem afetar as propriedades organolépticas, o equilíbrio ecológico (por exemplo, eutrofização) e os riscos sanitários mais imediatos, mas outras substâncias tais como hidrocarbonetos tóxicos, metais pesados precisam ser igualmente consideradas, as quais podem ocorrer em concentrações potencialmente danosas à saúde e bem-estar dos seres vivos, mesmo em águas que apresentem IQA na faixa do ótimo.

3.4. Conclusões

Conclui-se que de forma geral, nascentes com um maior gradiente de mata nativa apresentam melhores índices de qualidade de água, para pH, turbidez, sólidos totais e oxigênio dissolvido, como foi verificado nas nascentes 01, 02, 03 e 04.

Nascentes com erosão e solo solto aumentam significativamente os valores de turbidez e sólidos totais (nascentes 05, 06 e 10) sendo necessário um manejo adequado, voltado para a sustentabilidade dos recursos naturais. O uso inadequado do solo requer mudanças no sentido de sua melhor conservação.

Um maior gradiente de floresta ou mata nativa ainda garantem a disponibilidade de água nas nascentes na estação seca, pelo abastecimento do lençol freático na época das chuvas.

A contaminação hídrica está relacionada ao uso e ocupação do solo, principalmente à influência antrópica, porém a presença de alguns elementos e íons pode estar relacionada à composição do solo, sendo necessário um estudo interdisciplinar das microbacias para sua investigação ambiental relevante ao manejo e gestão destas, ou tomada de decisões quanto a sua revitalização.

O IQA, apesar de vastamente encontrado em bibliografia de estudos científicos em águas superficiais, não se mostrou uma ferramenta suficiente para a classificação de

nascentes, sendo necessárias adequações ao índice, ou este ser calculado juntamente com outras análises para diagnósticos ambientais mais completos.

3.5. Referências

ALMEIDA, R.M.A.A.; HUSSAR, G.J.; PEREZ, M.R.; JUNIOR, A.L.F. Qualidade microbiológica do córrego “ribeirão dos porcos” no município de Espírito Santo do Pinhal-SP. Revista Eng.ambient., Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p.051-056, jan./dez., 2004.

ALMEIDA JÚNIO J. S. de. Florística e fitosociologia de fragmentos da floresta estacional semidecidual, Viçosa, Minas Gerais. 1999. 148 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

AMBICENTER: PORTAL DE INFORMAÇÃO E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL. Arquivos: Educação Ambiental: A floresta e a água. Publicado pela AFUBRA - Associação dos Fumicultores do Brasil, 2001. Disponível em: <<http://www.ambicenter.com.br/ea01052200.html>>. Acessado em: 10 de outubro 2008.

ANA- Agência Nacional de Águas (Brasil). Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília: ANA, SPR, 176p, 2005. (Cadernos de Recursos Hídricos).

APHA - American Public Health Association. *Standard methods for examination of water and wastewater*. 19th ed. Washington: EPS Group, 1995. 1.268 p.

ARCOVA, F.C.S.; CESAR, S.F.; CICCO, V. Qualidade da água e dinâmica de nutrientes em bacia hidrográfica recoberta por floresta de mata atlântica. Revista do Instituto Florestal, São Paulo, v.5, n.1, p.1-20, 1993.

ARCOVA, F.C.S.; CICCIO, V. Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha, Estado de São Paulo. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.5, n.6, p.125-34, 1993.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. *Conservação do solo*. 2ed. São Paulo: Ícone, 355p, 1990.

BORBA, R. P.; FIGUEIREDO, B. R.; CAVALCANTI, J. A.. Arsênio na água subterrânea em Ouro Preto e Mariana, Quadrilátero Ferrífero (MG). *Rev. Esc. Minas, Ouro Preto*, v. 57, n. 1, Mar. 2004 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S037044672004000100009&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 04 de Agosto de 2010.

BORGES, D.V.C. Avaliação da qualidade da água e ocorrência de cianobactérias do ribeirão do Funil, Ouro Preto-MG. 2009. 159 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG.

BORGES, J.D.; MATEUCCI, M.B.A.; OLIVEIRA, J.P.J.; TIVERRON, D.F.; GUIMARÃES, N.N.R., *Recomposição da vegetação das matas ciliares do rio Meia Ponte e córrego Samambaia na área da Várzea da escola de Agronomia da UFG, Goiânia, Goiás, 1995.*

BRANCO, S.M. *Hidrologia aplicada à engenharia sanitária*. 3.ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB, 1986. 616 p.

BUENO, L. F.; GALBIATTI J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do horto Ouro Verde – Conchal - SP, *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.25, n.3, p.742-748, set./dez. 2005.

CALHEIROS, R. O.; TABAI, F. C. V.; BOSQUILIA, S. V.; CALAMARI, M. *Preservação e Recuperação das Nascentes: de água e de vida*. Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ. Piracicaba - SP: CTRN, 2004.

CARMO, R. L., OJIMA, A. L. R. O., OJIMA, R, NASCIMENTO, T.T.. Água virtual, escassez e gestão: O Brasil como grande “exportador” de água, Revista Ambiente & Sociedade, v.X, n.1, 2007. p. 83-96.

CARVALHO, A.R. Avaliação de qualidade da água e da interação entre o ecossistema aquático e o ecossistema terrestre em dois afluentes do Rio Jacaré– Guaçu, na APA Corumbataí (Itirapina/SP). 1996. 115p. Dissertação (mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade de São Paulo, São Carlos – SP.

CARVALHO, A.R.; MINGANTE, F.H.; TORNISIELO L. Relação da atividade agropecuária com parâmetros físicos e químicos da água. Revista Química Nova, São Paulo, v.23, n.5, p.618- 22, 2000.

CASTRO, P.S. Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa - MG. 1980. 132 f. Dissertação (Mestrado em Hidrologia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1980.

CETESB - Companhia ambiental do estado de São Paulo. Parâmetros de qualidade. 2005. Disponível em <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/parametros.htm>>. Acesso em: 5 ago. 2009.

CETESB - Companhia ambiental do estado de São Paulo. Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo v.1, 214p, 2001.

CHEROBIN, S.F.; ANDRE, B.O. Levantamento dos impactos ambientais na bacia do Córrego do Veríssimo, município de Ouro Branco – MG. (Monografia de conclusão de curso em Geografia e Meio Ambiente) – Faculdade Santa Rita – FASAR, Conselheiro Lafaiete - MG. 53p, 2008.

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução do Conama nº 357, de 17 de março de 2005, (Brasília, DF).

COSTA, S. S. B. Estudo da bacia do Ribeirão Jaguará - MG, como base para o planejamento da conservação e recuperação das nascentes e matas ciliares. 2004. 235 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

DAVIDE, A.C.; PINTO, L.V.A.; MONNERAT, P.F.; BOTELHO S.A.; PRADO N.J.S.; Nascente: o verdadeiro Tesouro da Propriedade Rural. 2ed. Belo Horizonte: CEMIG, 62p, 2004.

DONADIO, N.M.M.; GALBIATTI, J.A; PAULA, R.C. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do córrego rico, São Paulo, Brasil. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.25, n.1, 2005.

FEEMA - Fundação Estadual de Engenharia de Meio Ambiente. Avaliação de impacto ambiental. 1997. Disponível em: <www.feema.rj.gov.br>. Acesso em: 14 de Fevereiro de 2010.

FERREIRA, D.A.C.; DIAS, H. C. T.; Situação atual da mata ciliar do ribeirão São Bartolomeu em Viçosa, MG. Revista Árvore, Viçosa, v. 28 , n.4. 2004.

FERREIRA, S.Z.; GONTAN, J.E.N.; CASSOL, R.; PEREIRA FILHO, W. Aplicações de técnicas de sensoriamento remoto e sistema remoto e sistema de informações geográficas para identificação de áreas propícias a florestamento e/ou reflorestamento em sub-bacias hidrográficas: o caso do Arroio Lobato – RS. In: congresso de exposição internacional sobre florestas, 6., Porto Seguro. Anais... Rio de Janeiro, p.243-244, 2000.

FILIPPO, R. Impactos ambientais sobre os ecossistemas aquáticos. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.202, p.45-53, 2000.

FUNASA 2001. Portaria n. 1.469/2000, de 29 de dezembro de 2000: aprova o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2001. 32 p.

GERDAU. Gerência de Meio Ambiente. Estação Meteorológica da Gerdau Açominas. 2010.

GIORDANO, G. Tratamento e Controle de Efluentes Industriais. Departamento de engenharia sanitária e de meio ambiente. UERJ, 2004.

GUEDES, J.A., LIMA, R.F.S. e SOUZA, L.C., 2003, Distribuição de metais pesados em sedimentos de fundo no rio Jundiá em área de mangue – Macaíba/RN. Encontro Internacional MANGROVE 2003, Salvador, 251.

GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. Erosão e conservação de solos: conceitos temas e aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

IGAM - Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Disponível em <<http://www.igam.mg.gov.br>>. Acessado em 01 de Setembro de 2009.

LIMA, E.B.N.R. Modelagem integrada para gestão da qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

LIMA, W. P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba, SP: ESALQ, 1986. 242 p. Texto básico para a disciplina “Manejo de Bacias Hidrográficas”.

LOPES, F.B.; TEIXEIRA, A.S.; ANDRADE, E.M., AQUINO, D.N.; ARAÚJO, F.L.P. Mapa da qualidade das águas do rio Acaraú, pelo emprego do IQA e geoprocessamento. Fortaleza, CE: UFC/CCA, 2008. 19 p.

MATOS, M. C.; SILVA, B. A. W.; AZEVEDO, M. A. Diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Arroio Passo Fundo, município de Guaíba, Rio Grande do Sul. In: Anais do Congresso de Limnologia 2003. Santa Maria-RS: UFRGS. 2003. 5p.

MENEZES, Juliana M.; PRADO R.B.; JUNIOR, G.C.S.; MANSUR, K.L.; OLIVEIRA, E.S. Qualidade da água e sua relação espacial com as fontes de contaminação antrópicas

e naturais: bacia hidrográfica do rio São Domingos - RJ. Eng. Agríc. [online]. 2009, vol.29, n.4, pp. 687-698. ISSN 0100-6916.

MINISTÉRIO DA SAÚDE - Norma de qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Portaria MS nº 518/2004. (Série E. Legislação em Saúde). 28p, 2005.

OGA, S. Fundamentos de Toxicologia. 2ed. São Paulo: Atheneu Editora, 474p, 2003.

OLIVEIRA, A.C.; FREITAS, G. D.; MOURA, M. A.; ANDRADE, H.B.; SCOLFORO, J. R. S.; OLIVEIRA, A.D.; MELLO, J. M.; ACERBI JÚNIOR, F.W.; BORGES, L.F.R.; OLIVEIRA, L.T.; CAMOLESI, J.F.; GOMES, E.R.; PAGLIA, A. P.; SILVEIRA, F. A.; RODRIGUES, M. Manejo e recuperação de habitats para a fauna silvestre na V & M Florestal. In: Anais do V Simposio Nacional sobre Recuperação de Áreas Degradadas: Água e Biodiversidade. Belo Horizonte: SOBRADE/UFLA. 2002. p.2-18. 174p. (palestras)

OLIVEIRA, F.A. Produção e qualidade da água em bacias hidrográficas contendo diferentes coberturas vegetais na região de agudos, São Paulo. 1989. 96 f. Dissertação (Mestrado em Hidrologia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba,1989.

PAULA, Cláudio Coelho de; SILVA, Renato Ramos da; OLIVEIRA, Diego Aniceto dos Santos. Flora Fanerogâmica da Serra do Ouro Branco. Viçosa: UFV, 2004.

PERRETO, A.; SODRE, I.C.S.; SOUZA, C.A.; SOUZA, J.B.; FERREIRA, E. Índice de qualidade da água no córrego André, Mirassol d' Oeste – MT. In: XIII Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada - UFV, 2009, Viçosa, MG. (Resumo). 2009. 5p.

PINTO, L.V.A. Caracterização física da bacia do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes. (Dissertação Mestrado em engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 165p, 2003.

PORTO, M.F.A.; BRANCO, S.M.; LUCA S.J. Caracterização da qualidade da água. In: PORTO, R.L. Hidrologia Ambiental. São Paulo: USP, 1991. 414p. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.3).

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURO BRANCO. Diagnostico Plano diretor participativo. Secretaria Municipal de Planejamento, 2006.

QUEIROZ, A.B.J. Análise ambiental do estado de conservação do baixo curso do rio Pacoti - Ceará. (Dissertação Mestrado em Desenvolvimento e meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE. 123 p. 2005.

RABELO, C.G.; FERREIRA, M.E.; ARAÚJO, J.V.G.; STONE, L.F.; SILVA, S.C.; GOMES, M.P. influência do uso do solo na qualidade da água no bioma cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no Estado de Goiás, Brasil. *Ami-Água*, Taubaté, v.4, n.2, p. 172-187, 2009.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. (Eds.) Águas doce do Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. 2.ed. São Paulo: Escrituras Editora e Distribuidora de Livros, 2002. p. 39-63.

ROCHA, A.L.A.; PARRON, L.M.; CRUZ, C.J.D. Monitoramento da qualidade de água de nascentes na bacia hidrográfica do rio Preto, sub bacia do médio rio São Francisco. In: IX simpósio nacional cerrado, Parlamundi. Anais... Brasília. 6p. 2008.

ROMA, T.N.D. Avaliação quali-quantitativa da água de nascentes com diferentes usos do solo em suas áreas de recarga. (Monografia de conclusão de curso em Tecnólogo em Gestão Ambiental) – Escola Agrotécnica Federal de Inconfidentes, Inconfidentes, MG. 151p, 2008.

SANTOS, A.C. Noções de hidroquímica. In: FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia: conceitos e aplicações. Fortaleza: CPRM, 2000. p.81-102.

SANTOS, C.M.; WILSON, E.M.H. Qualidade da água para consumo humano no município de Honório Serpa: ênfase ao uso dos agrotóxicos. 2010. 22p.

SANTOS, G.V.; DIAS, H.C.T.; SILVA, A.P.S.; MACEDO, M.N.C. Análise hidrológica e socioambiental da bacia hidrográfica do córrego Romão dos Reis, Viçosa-MG. R. *Árvore*, Viçosa-MG, v.31, n.5, p.931-940, 2007

SILVA, A. P. de S.; DIAS, H. C. T.; BASTOS, R. K. X.; SILVA, E. Qualidade da água do Reservatório da Usina Hidrelétrica (UHE) de Peti, Minas Gerais. *Rev. *Árvore** [online]. 2009, vol.33, n.6, pp. 1063-1069. ISSN 0100-6762.

SILVA, D.D.; PRUSKI, F.F. Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura. Brasília: MMA; SRH; ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 1997. 252 p.

SOUZA, E. R.; FERNANDES, M. R. Sub-bacias hidrográficas: unidades básicas para o planejamento e a gestão sustentáveis das atividades rurais. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.21, n.207, p.15-20, nov./dez. 2000.

TAMIOSSO, M. F.; MICHELS, C.; SILVEIRA, G.S.; CRUZ, J.C. Avaliação do Índice de Qualidade da Água e das Cargas Poluidoras na Bacia Hidrográfica do Campus da Universidade Federal de Santa Maria. In: Anais do Congresso de iniciação científica e tecnológica em engenharia. Santa Maria-RS: CRICTE/UNIJUI. 2006. p.16-18. 2p.

TERRA BRASILIS. Proposta para criação de unidades de conservação na região de Ouro Branco, MG. 2006.53p.

THOMAS, M. S.; NEILL, C.; DEEGAN, L.A.; KRUSHE, A.V.; BALLESTER, V.M.; VICTORIA, R.L. Influences of land use and stream size on particulate and dissolved materials in a small Amazonian stream network. *Biogeochemistry*,68: 135–151, 2004.

VALENTE, O.F; DIAS, H.C.T. A bacia hidrográfica como unidade de produção de água. Viçosa, *Revista Ação Ambiental*, Viçosa, v.4, n.20, p.8-9, 2001.

VALIAS, A.P.G.S.; ROQUETO, M. A.; HORNINK, D. G.; KOROIVA, E. H.; VIEIRA, F. C; ROSA, G. M.; Avaliação da qualidade microbiológica de águas de poços rasos e de nascentes de propriedades rurais do município de São João da Boa Vista-SP. *Arq. ciênc. vet. zoo.UNIPAR*, 5(1): p.021-028, 2002.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: UFMG/DESA, v.1, 246p, 1995.

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento biológico de águas residuárias. 2ed. Departamentos de Engenharias Sanitária e Ambiental/UFMG, Belo Horizonte, v.2, 243p, 1996.

XAVIER, A. L.; TEIXEIRA, D.A. Diagnóstico das nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio São João em Itaúna, MG. In: Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil. Belo Horizonte: SEB. 2007. 2p.

ZANZARINI, R. M.; ROSOLEN, V. Auto-recuperação de áreas degradadas no cerrado. Geografia. Ensino & Pesquisa, v. 12, p. 701-712, 2008.

Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

Apesar de várias legislações ambientais de proteção vigentes, o descumprimento às APPs é notado em todo o país, comprometendo a disponibilidade hídrica. Neste trabalho, e em vasta literatura consultada, observa-se o importante papel que as formações vegetais possuem na proteção dos mananciais. Os principais impactantes da qualidade da água são a ocupação antrópica desorganizada e a agricultura intensiva.

Urgem programas de revitalização das nascentes e matas ciliares, bem como planejamento e gestão das nascentes do município de Ouro Branco, MG, principalmente no meio rural, com adoção de práticas conservacionistas e educação ambiental.

Para trabalhos futuros sugere-se para um completo diagnóstico ambiental:

- Realizar estudos litológicos, análise da composição do solo e sua interferência na qualidade da água;
- Análises complementares: Bentos, cianobactérias; e
- Realizar análises estatísticas de correlação, para inferir onde um parâmetro interfere em outro.