



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

**OCUPAÇÃO DAS TERRAS E A QUALIDADE DA
ÁGUA NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO MESTRE
D'ARMAS, DISTRITO FEDERAL**

MARINA ROLIM BILICH

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2007

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

OCUPAÇÃO DAS TERRAS E A QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA DO
RIBEIRÃO MESTRE D'ARMAS, DISTRITO FEDERAL

MARINA ROLIM BILICH

ORIENTADORA: MARILUSA PINTO COELHO LACERDA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

PUBLICAÇÃO:252/2007

BRASÍLIA/DF
FEVEREIRO/2007

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA VETERINÁRIA

OCUPAÇÃO DAS TERRAS E A QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA DO
RIBEIRÃO MESTRE D'ARMAS, DISTRITO FEDERAL

MARINA ROLIM BILICH

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À FACULDADE DE AGRONOMIA E
MEDICINA VETERINÁRIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS
AGRÁRIAS NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO DE DISCIPLINAS DE GESTÃO DE
SOLO E ÁGUA.

APROVADA POR:

MARILUSA PINTO COELHO LACERDA, Doutora, Professora Adjunta
(Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília)
(ORIENTADORA) CPF: 434760586-20 E-mail: marilusa@unb.br

WENCESLAU J. GOEDERT, Ph.D, Professor Associado
(Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária – Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR INTERNO) CPF: 005.799.550-87 E-mail:goedert@unb.br

RODRIGO STUDART, Ph.D, Professor Adjunto
(Departamento de Engenharia Florestal – Universidade de Brasília)
(EXAMINADOR EXTERNO) CPF: 358.695.851-04 E-mail: rodmanga@unb.br

BRASÍLIA/DF, 26 de fevereiro de 2007.

FICHA CATALOGRÁFICA

BILICH, Marina Rolim

Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, Distrito Federal / Marina Rolim Bilich; orientação de Marilusa Pinto Coelho Lacerda – Brasília, 2007.

119 p :il

Dissertação de Mestrado (M) – Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2006.

1. Qualidade de água. 2. Uso do Solo. 3. Sistema de Informação Geográfica. 4. Sensoriamento Remoto. I. Lacerda, M. P. C. II. Doutora

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BILICH, M. R. Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, Distrito Federal. Brasília: Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, 2007, 134 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Marina Rolim Bilich

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, Distrito Federal.

GRAU: Mestre ANO: 2007

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias dessa dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Marina Rolim Bilich

CPF: 004.460.471-80

Tel: (061) 9984-3192

Email: maribilich@yahoo.com.br

AGRADECIMENTOS

À minha mamãe e ao meu pai pelo apoio e ajuda na realização deste trabalho.

Ao meu querido noivo Alexandre por todo amor, compreensão, companhia e ajuda na execução deste estudo.

Aos meus irmãos Kity e Bibi pela companhia e apoio.

À amiga Inara, companheira de laboratório, pela ajuda, pelo companheirismo e amizade.

Aos meus queridos amigos pelo carinho e compreensão pelos momentos de ausência.

À Prof. Marilusa pela orientação.

Aos professores Néstor Aldo Campana e Carlos Alberto Oliveira pela ajuda na concepção desse estudo.

Aos meus colegas de mestrado que proporcionaram muitos momentos de alegria.

À CAESB pela concessão dos dados de qualidade de água.

A todos vocês, o meu muito obrigado.

ÍNDICE

Capítulo Geral	Páginas
I – INTRODUÇÃO	1
1 – Qualidade de Água	3
1.1 – Parâmetros de Qualidade de Água	3
1.1.1 – Físicos	3
1.1.1.1 – Temperatura	3
1.1.1.2 – Cor	4
1.1.1.3 – Turbidez	5
1.1.1.4 – Sólidos	5
1.1.2 – Químicos	5
1.1.2.1 – Potencial Hidrogeniônico – pH	5
1.1.2.2 – Condutividade Elétrica	6
1.1.2.3 – Alcalinidade	6
1.1.2.4 – Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO	6
1.1.2.5 – Demanda Química de Oxigênio - DQO	7
1.1.2.6 – Oxigênio Dissolvido	7
1.1.2.7 – Nitrogênio	8
1.1.2.8 – Cloreto	9
1.1.2.9 – Fósforo Total	9
1.1.2.10 – Ferro Total	10
1.1.3 – Biológicos	11
1.1.3.1 – Coliformes Totais	11
1.1.3.2 – Coliformes Fecais	11
2 – Índice de Qualidade de Água – IQA	11
3 – Relação entre Diferentes Usos das Terras e a Qualidade de Água	14
4 – Sistema de Aptidão Agrícola das Terras	18
5 – Geoprocessamento	20
5.1 – Sistemas de Informação Geográfica – SIG	20
5.2 – Sensoriamento Remoto	22
5.2.1 – Processamento de Imagens	23

II – OBJETIVO GERAL	24
II.1 – Objetivos Específicos	24
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

ÍNDICE

Capítulo Único	Páginas
I – INTRODUÇÃO	34
II – MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1 – Seleção da Área em Estudo	36
2.2 – Caracterização da Área de Estudo	37
2.2.1 – Localização	37
2.2.2 – Clima	37
2.2.3 – Geologia	39
2.2.4 – Distribuição de Solos	42
2.2.5 – Aptidão Agrícola das Terras	43
2.2.6 – Bacias Hidrográficas	43
2.3 – Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas	47
2.3.1 – Correção Geométrica da Imagem de Satélite	47
2.3.2 – Recorte da Imagem de Satélite	47
2.3.3 – Classificação Automatizada da Imagem de Satélite	47
2.3.4 – Edição e Vetorização da Imagem Classificada e Geração do Mapa de Uso e Ocupação das Terras	64
2.4 – Qualidade de Água	49
2.4.1 – Seleção dos Parâmetros	49
2.4.2 – Estrutura do Banco de Dados	50
2.4.3 – Tratamento dos Dados	50
III – RESULTADOS E DISCUSSÃO	52
3.1 – Uso e ocupação das terras na microbacia do ribeirão Mestre D’Armas	52
3.1.1 – Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho	55
3.1.1.1 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Córrego Brejinho	55
3.1.1.2 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Córrego Fumal	57
3.1.1.3 – Uso e Ocupação das terras da sub-microbacia da Captação do Córrego Corguinho	62
3.1.2 – Áreas Agrícolas e Urbanas – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pipiripau e Mestre D’Armas	64

3.1.2.1 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Ribeirão Pipiripau	64
3.1.2.2 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Córrego Quinze	67
3.1.2.3 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação Mestre D'Armas	68
3.2 – Avaliação da Qualidade da Água na Microbacia do Ribeirão Mestre D'Armas	70
3.2.1 – Índice de Qualidade de Água – IQA	71
3.2.1.1 – Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho	71
3.2.1.2 – Áreas Agrícolas e Urbanas – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pipiripau e Mestre D'Armas	74
3.2.2 – Parâmetros de Qualidade de Água	76
3.2.2.1 – Turbidez	76
3.2.2.2 – Condutividade Elétrica	80
3.2.2.3 – Amônia	83
3.2.2.4 – Demanda Química de Oxigênio	86
3.2.2.5 – Potencial Hidrogeniônico – pH	88
3.2.2.6 - Cloreto	91
3.2.2.7 – Coliformes Fecais	93
3.2.3 – Avaliação das Médias da Série Histórica dos Parâmetros de Qualidade de Água	96
3.2.4 – Avaliação das Correlações dos Parâmetros de Qualidade da Água	99
IV - CONCLUSÕES	106
V - RECOMENDAÇÕES	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
ANEXO	111

ÍNDICE DE TABELAS

Capítulo Geral	Páginas
Tabela 1 – Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras.	19
Tabela 2 – Alternativas de utilização das terras de acordo com grupos de aptidão agrícola.	19
Capítulo Único	Páginas
Tabela 1 – Quantificação das áreas classificadas de uso e ocupação das terras na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas.	53
Tabela 2 – Quantificação das áreas classificadas de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Brejinho.	56
Tabela 3 – Quantificação das áreas classificadas de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Fumal.	58
Tabela 4 – Quantificação das áreas de uso das terras na sub-microbacia da captação do Corguinho.	62
Tabela 5 – Quantificação das áreas de uso das terras na sub-microbacia da captação do ribeirão Pipiripau.	64
Tabela 6 – Quantificação das áreas de uso das terras na sub-microbacia da captação do córrego Quinze.	68
Tabela 7 – Quantificação das áreas de uso das terras na sub-microbacia da captação do ribeirão Mestre D'Armas.	70
Tabela 8 – Médias dos parâmetros de qualidade de água, nos pontos de captação dos córregos Brejinho, Fumal, Corguinho, Pipiripau, Quinze e Mestre D'Armas ao longo da série histórica estudada.	96
Tabela 9 – Correlação de <i>Pearson</i> dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Brejinho.	100
Tabela 10 – Correlação de <i>Pearson</i> dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Fumal.	101
Tabela 11 – Correlação de <i>Pearson</i> dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Corguinho.	102
Tabela 12 – Correlação de <i>Pearson</i> dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Quinze.	103
Tabela 13 – Correlação de <i>Pearson</i> dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Pipiripau.	104
Tabela 14 – Correlação de <i>Pearson</i> dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Mestre D'Armas.	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo Único	Páginas
Figura 1 – Mapa de localização da área em estudo, com individualização das sub-microbacias avaliadas	38
Figura 2 – Mapa de geologia da área em estudo (Freitas-Silva e Campos, 1998).	41
Figura 3 – Mapa de solos da área em estudo (Embrapa, 1978).	44
Figura 4 – Mapa de aptidão agrícola das terras das microbacias em estudo (Embrapa, 1978).	45
Figura 5 – Mapa de hidrografia das microbacias em estudo (Codeplan/Sicad, 1991).	46
Figura 6 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na microbacia do ribeirão Mestre D’Armas.	54
Figura 7 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Brejinho.	70
Figura 8 – Registro fotográfico da vegetação nativa próximo à captação do córrego Brejinho (Bilich, M. R., 01/09/2006).	71
Figura 9 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Fumal.	72
Figura 10 – Registro fotográfico da retirada de vegetação nativa próxima à captação do córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).	73
Figura 11 – Registro fotográfico do local de acesso direto dos animais domésticos (bovinos) ao reservatório da captação Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).	74
Figura 12 – Registro fotográfico de evidência da presença de bovinos próximo à captação do córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).	74
Figura 13 – Registro fotográfico de evidência da presença de animais silvestres próximo à captação do córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).	75
Figura 14 – Moradias localizadas próximas ao reservatório da captação do córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).	75
Figura 15 – Registro fotográfico de lixo depositado no solo dos arredores do reservatório da captação do córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).	76
Figura 16 – Registro fotográfico de lixo depositado no solo e pequena área para criação de aves nos arredores do reservatório da captação Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).	76

Figura 17 – Registro fotográfico pequeno plantio de abacaxi do reservatório da captação Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).	77
Figura 18 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Corguinho.	78
Figura 19 – Registro fotográfico Mata de Galeria preservada, presença também de pastagem plantada e campo nativo (Bilich, M. R., 30/09/2006).	78
Figura 20 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do rio Pípiripau.	80
Figura 21 – Registro fotográfico da Mata de Galeria parcialmente retirada nas margens do ribeirão Pípiripau (Bilich, M. R., 30/09/2006).	81
Figura 22 – Registro fotográfico da área próxima à captação do ribeirão Pípiripau, com o desenvolvimento de horticultura (Bilich, M. R., 01/09/2006).	82
Figura 23 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Quinze.	83
Figura 24 – Registro fotográfico da captação Quinze, com a vegetação nativa preservada (Bilich, M. R., 30/09/2006).	84
Figura 25 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da do ribeirão Mestre D’Armas.	85
Figura 26 – Área próxima à captação Mestre D’Armas (Bilich, M. R., 30/09/2006).	70
Figura 27 – Distribuição do Índice de Qualidade de Água nas captações dos córregos Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos de 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	87
Figura 28 – Precipitação pluviométrica registrada no posto “Contagem”, localizado na microbacia do ribeirão Mestre D’Armas, ao longo dos anos em estudo.	88
Figura 29 – Distribuição do Índice de Qualidade de Água nas captações Quinze, Pípiripau e Mestre D’Armas nos anos de 1996 a 2005.	89
Figura 30 – Distribuição da turbidez nas captações dos córregos Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	92
Figura 31 – Distribuição da turbidez nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D’Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	94
Figura 32 – Distribuição da condutividade elétrica nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho no ano 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	96
Figura 33 – Distribuição da condutividade elétrica nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D’Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	97

Figura 34 – Distribuição da amônia nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho no ano 1996, 2000, 2003 até 2005 (janeiro a julho).	99
Figura 35 – Distribuição da amônia na captação Pípiripau e Quinze nos ano 1996, 2000, 2003 e até julho de 2005.	100
Figura 36 – Distribuição da demanda química de oxigênio nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho no ano 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	101
Figura 37 – Distribuição da demanda química de oxigênio nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D´Armas nos ano 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	102
Figura 38 – Distribuição do pH nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho no ano 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	104
Figura 39 – Distribuição do pH nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D´Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	105
Figura 40 – Distribuição do cloreto nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	106
Figura 41 – Distribuição do cloreto nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D´Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	107
Figura 42 – Distribuição de coliformes fecais nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho no ano 1996, 2000, 2003 e até julho de 2005.	109
Figura 43 – Distribuição de coliformes fecais nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D´Armas nos ano 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).	110

OCUPAÇÃO DAS TERRAS E A QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO MESTRE D'ARMAS, DISTRITO FEDERAL

RESUMO GERAL

A microbacia do ribeirão Mestre D'Armas localiza-se na porção Norte do Distrito Federal e nos últimos anos vem apresentando um crescimento populacional acelerado. Essa microbacia é responsável pelo abastecimento de água de parte substancial da população residente no DF, e estudos realizados na área vêm demonstrando alterações na qualidade da água dessa região, sendo essas alterações atribuídas ao uso e ocupação inadequada das terras, bem como o lançamento de efluentes domésticos. O objetivo do estudo foi avaliar a ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, caracterizando os diferentes tipos de usos e ocupações das terras das sub-microbacias das captações de água da Companhia de Saneamento do Distrito Federal – CAESB localizadas nos córregos: Brejinho, Fumal, Quinze, Corguinho e dos ribeirões Mestre D'Armas e Pípiripau. Utilizou-se um Sistema de Informação Geográfica e técnicas de Sensoriamento Remoto para a integração das informações acerca da ocupação das terras e qualidade da água. Foram analisados os parâmetros de turbidez, condutividade, amônia, pH, demanda química de oxigênio, coliformes fecais e o Índice de Qualidade de Água, ao longo dos anos 1996, 2000, 2003 e de janeiro a julho do ano 2005, de forma possibilitar a avaliação da sustentabilidade dos usos dos recursos naturais da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas visando a garantir o desenvolvimento sustentável da região.

Palavras chaves: ocupação das terras, qualidade da água, sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto.

LAND COVER AND WATER QUALITY IN THE WATERSHED MESTRE D'ARMAS, FEDERAL DISTRICT

ABSTRACT

Mestre D'Armas watershed is located at the North portion of Distrito Federal - DF and in the last years have been presenting an accelerated populational growth. This watershed is responsible for supplying water to a reasonable portion of population which lives in DF, and some studies have been showing that are having some alterations on the water quality of this region, and those are been related to the inadequate land use and land cover, and the sewage. The objective of this work was to evaluate the land cover and the water quality of the Mestre D'Armas watershed, identifying the different types of land cover of the sub-watersheds from the public water collection points of Companhia de Saneamento do Distrito Federal – CAESB located at small rivers: Brejinho, Fumal, Quinze, Corguinho, Mestre D'Armas e Pipiripau. It was used a Geographical Information System and techniques of Remote Sensing to integrate informations about the land cover and the water quality. Was analyze the turbidity, conductivity, ammonia, pH, chemical oxygen demand, fecal coliforms and Water Quality Index, in the years 1996, 2000, 2003 and january to july of year 2005, making possible evaluate the sustainability of the uses of the natural resources of the Mestre D'Armas watershed aiming guarantee the sustainable development of the region.

Word keys: land cover, water quality, Geographical Information System, Remote Sensing.

I – INTRODUÇÃO

A água é elemento vital para a saúde e bem-estar dos homens e para o equilíbrio dos ecossistemas, além de constituir fator de produção para várias atividades humanas. No entanto, ela vem sofrendo alterações com o crescimento demográfico, o que pode ser verificado na deterioração dos mananciais, com a conseqüente diminuição da quantidade e qualidade desse importante recurso natural.

Dessa forma, a água passou a ser uma preocupação crescente, não apenas no que se refere à quantidade disponível, mas, principalmente, em relação à sua qualidade, acarretando prejuízos e restrições nos seus múltiplos usos.

Os problemas relativos à qualidade da água envolvem diversas áreas do conhecimento ambiental e promovem estudos na determinação das potenciais fontes de contaminação resultantes de disposições inadequadas dos resíduos líquidos e sólidos, de natureza doméstica e industrial, e das atividades agrícola e pecuária, entre outros. Todas essas ações antropogênicas provocam impactos que se inter-relacionam com os processos naturais que ocorrem em uma bacia hidrográfica. Essas alterações têm levado a uma inovação conceitual, na qual a água passou a ser considerada um bem econômico e finito, conforme estabelece a legislação brasileira dos recursos hídricos, com avanços no gerenciamento desse recurso, de forma a atender aos seus usos múltiplos, impondo, assim, a necessidade de se buscar um modelo de gestão das águas (Tucci, 1997).

Atualmente, o uso dos recursos hídricos brasileiros está voltado principalmente para a produção de energia elétrica (79% da produção total de energia produzida), irrigação (mais de 60% do volume de água retirado de mananciais) e saneamento básico (20% do consumo de água) (CGEE, 2005). Assim, trabalhar a interface entre os setores de meio ambiente, saneamento, agricultura, energia, mineração, transporte e saúde constitui um grande desafio a ser enfrentado na gestão integrada dos recursos hídricos.

Os cursos de água são sistemas complexos e são caracterizados como escoadouros naturais das áreas de drenagens adjacentes, que por princípio, formam as bacias hidrográficas. Essa complexidade advém do tipo de solo e sua ocupação, do substrato geológico, da forma e tamanho das bacias de drenagem e das condições climáticas locais (Prado e Novo, 2005).

Em virtude dessas características, por meio da avaliação da qualidade do recurso hídrico superficial, é possível obter informações acerca da qualidade e/ou degradação ambiental de uma área em estudo (Toledo e Nicollela, 2002). A qualidade da água não é um termo que se

restringe apenas à determinação da pureza da mesma, mas às suas características desejadas para os seus diversos usos (Merten e Minella, 2002).

Sendo assim, alterações no sistema aquático podem conduzir ao desequilíbrio da fauna e flora dos corpos de água, podendo resultar em prejuízos econômicos para a região correspondente, que vão desde a redução da pesca até o aumento do custo de aquisição e tratamento da água.

Para a integração das informações utilizadas nos estudos de avaliação dos recursos hídricos superficiais, tais como: uso e ocupações das terras, classes de solo e qualidade da água, os Sistemas de Informações Geográficas e a tecnologia de Sensoriamento Remoto constituem ferramentas muito úteis para o diagnóstico da qualidade ambiental e o gerenciamento e monitoramento da área em estudo (Prado e Novo, 2005).

O Distrito Federal-DF é uma região desprivilegiada na disponibilidade de recursos hídricos, pois não há grandes rios e a captação para abastecimento público de água é feita por meio de pequenos mananciais e água subterrânea. O rio São Bartolomeu, que se insere na região hidrográfica do Paraná é de suma importância para o DF, uma vez que sua bacia é considerada a maior área total da rede de drenagem do DF e onde se localizam grandes áreas urbanas e importantes captações de água para abastecimento público do DF.

Diversos estudos na área vêm demonstrando problemas na qualidade da água nesse rio. Em função dos problemas ambientais indicados e com o aumento da população e o conseqüente aumento do consumo de água, os setores responsáveis pelo abastecimento e gerenciamento de recursos hídricos necessitam ter acesso a uma gama maior de informações. Neste contexto, faz-se necessário aprofundar estudos e pesquisas para o diagnóstico de problemas ambientais, a fim de auxiliar possíveis ações no planejamento e monitoramento periódico do uso dos recursos hídricos e ocupação das terras.

Dessa forma, é necessário a avaliar a sustentabilidade dos usos e ocupações dos recursos naturais da bacia do rio São Bartolomeu, particularmente em estudos que envolvam a relação entre qualidade da água e a ocupação das terras, para subsidiar planejamentos ambientais sustentáveis.

Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar a ocupação das terras na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas com a qualidade da água, caracterizando e individualizando os diferentes tipos de usos e ocupações das terras nas sub-microbacias das captações de água da Companhia de Saneamento Ambiental – CAESB, localizadas nos córregos Brejinho, Fumal, Quinze, Corguinho, Mestre D'Armas e Pipiripau.

1 – Qualidade de Água

A água contém diversos componentes, que provêm do próprio ambiente natural ou foram introduzidos a partir de atividades humanas.

Para caracterizar a qualidade da água, são utilizados diversos parâmetros, que representam as suas características físicas, químicas e biológicas. Esses parâmetros são considerados indicadores da qualidade da água e determinam impurezas, quando alcançam valores superiores aos estabelecidos para determinado uso.

Os conceitos de qualidade da água e poluição estão comumente interligados. Porém, a qualidade da água demonstra sua composição quando afetada por causas naturais e por atividades antropogênicas. A poluição, entretanto, decorre de uma mudança na qualidade física, química, radiológica ou biológica da água, causada por atividades antropogênicas, que podem ser prejudiciais ao uso presente e futuro do respectivo recurso hídrico.

As maiores e mais significativas rotas de contaminação são ocasionadas por emissões diretas e indiretas dos esgotos tratados e não-tratados, escoamento superficial da água em áreas de ocupação urbana e rural, e pelo processo de lixiviação do solo (Bolin e Cook, 1983).

Há diversas metodologias que ponderam esses parâmetros e caracterizam a qualidade da água. Uma delas é denominada de Índice de Qualidade de Água. Por meio desse índice é possível estabelecer classes e padrões de qualidade, que possibilita o enquadramento dos cursos d'água (Toledo e Nicolella, 2002).

1.1 – Parâmetros de Qualidade de Água

A caracterização dos principais parâmetros, conceitos e definições utilizados na avaliação da qualidade da água são descritos a seguir.

1.1.1 – Físicos

1.1.1.1 – Temperatura

A grande maioria dos processos físicos, químicos e biológicos é influenciada pela temperatura da água e dessa forma, os organismos aquáticos, assim como todos os demais seres vivos, possuem limites de tolerância térmica, temperatura ótima para crescimento e limites de temperatura para migração, desova e incubação de ovos (IGAM, 2006). A temperatura da água também pode influir no retardamento ou aceleração da atividade biológica e na absorção de oxigênio (Von Sperling, 1996).

Assim, apesar de variações de temperatura constituir parte do regime climático normal, sendo sazonais e diurnas, a estratificação vertical, assim como uma variação brusca de

temperatura ou temperaturas fora do regime normal, podem gerar alterações no equilíbrio do sistema aquático (IGAM, 2006).

Matheus et al. (1995) citam ainda que a maioria das espécies animais e vegetais têm 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, como produtividade primária, respiração dos organismos e decomposição da matéria orgânica.

Arcova e Cicco (1999) observaram que as temperaturas das águas em duas microbacias, com predomínio de atividades de agricultura e pecuária apresentaram-se superiores às registradas em duas microbacias florestadas, demonstrando a influência de atividades agropecuárias na temperatura da água, que também foi influenciada pela retirada da mata ciliar para dar lugar a essas atividades.

Donadio et al. (2005) também observaram temperaturas superiores em nascentes sob o uso agrícola em comparação com nascentes com vegetação natural preservada.

Segundo Swift e Messer (1971) a manutenção da vegetação ciliar é a maneira mais efetiva de prevenir aumento da temperatura da água.

1.1.1.2 – Cor

A definição da cor de uma amostra de água está associada ao grau de redução de intensidade que a luz sofre ao atravessá-la. A cor da água pode ser originada de forma natural, da decomposição da matéria orgânica, além do ferro e manganês abundantes em diversos tipos de solos ou ainda em função de atividades antrópicas (CETESB, 2006).

Efluentes industriais contendo compostos como taninos, anilinas, lignina, celulose e esgotos sanitários se caracterizam por predominarem em estado coloidal, o que também conferem cor à água. Há também compostos inorgânicos capazes de possuir as mesmas propriedades. (CETESB, 2006).

Apesar de ser pouco freqüente a relação entre cor acentuada e risco sanitário nas águas coradas, a coloração da água contendo matéria orgânica dissolvida, pode gerar produtos potencialmente cancerígenos, entre eles, os trihalometanos. Em geral, o maior problema da coloração na água é o estético, já que causa um efeito repulsivo aos consumidores (IGAM, 2006).

1.1.1.3 – Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é a medida do grau de atenuação da intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, em razão da presença de sólidos em suspensão, como detritos orgânicos (algas, bactérias, entre outros) e partículas inorgânicas como areia, silte e argila (ANA, 2005).

A turbidez pode indicar, principalmente, problemas relacionados à erosão dos solos nas áreas circunvizinhas aos cursos d'água. O aumento da turbidez das águas no período chuvoso é um exemplo deste fenômeno.

Os efluentes industriais, esgotos domésticos e dejetos provenientes da pecuária também provocam elevação da turbidez das águas.

O aumento da turbidez pode provocar impactos ambientais, pois reduz a fotossíntese da vegetação enraizada submersa e algas. Além disso, pode exigir manobras operacionais nas estações de tratamento de água, por meio de alterações nas dosagens de coagulantes (CETESB, 2006).

1.1.1.4 – Sólidos

A carga de sólidos de uma amostra de água é constituída por matéria orgânica, metais, bem como qualquer outro composto com exceção dos gases dissolvidos (IGAM, 2006).

Os sólidos são classificados de acordo com seu tamanho e características químicas. Em função do método de análise escolhido e de suas características, os sólidos em suspensão, em uma amostra de água, tem designações distintas (IGAM, 2006). A unidade de medição normal para o teor de sólidos não dissolvidos é o peso dos sólidos filtráveis, expresso em mg.L^{-1} de matéria seca. Dos sólidos filtrados pode ser determinado o resíduo calcinado (em % de matéria seca), que é considerado uma medida da parcela da matéria mineral. O restante indica, como matéria volátil, a parcela de sólidos orgânicos (IGAM, 2006).

1.1.2 – Químicos

1.1.2.1 – Potencial Hidrogeniônico – pH

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente em razão de seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade, em que alterações bruscas ou intensas do pH, podem acarretar em alterações severas no ecossistema aquático (CETESB, 2006).

O efeito indireto também, é muito importante, podendo em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados, ou exercer efeitos sobre a solubilidade de nutrientes (ANA, 2005).

1.1.2.2 – Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é uma expressão numérica da capacidade de a água conduzir a corrente elétrica. É determinada pela presença de íons e pela temperatura. As fontes naturais de sais são geralmente provenientes do substrato rochoso ou do solo. As principais fontes dos sais contidos nas águas correntes de origem antropogênica são: descargas industriais de sais, consumo de sal em residências e no comércio, excreções de sais pelo homem e por animais (CETESB, 2006).

A condutividade elétrica também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece indicação das quantidades relativas dos vários componentes, ou seja, da quantidade de íons dissolvidos numa amostra de água (CETESB, 2006).

1.1.2.3 – Alcalinidade

Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos, carbonatos e os hidróxidos. As origens naturais da alcalinidade são a dissoluções de rochas e as reações do dióxido de carbono (CO₂), presente na atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica. Além desses, dependendo da composição, os despejos industriais, também, podem ser responsáveis pelo aumento da alcalinidade nos cursos d'água (IGAM, 2006).

1.1.2.4 – Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO

A quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por decomposição microbiana aeróbica, na transformação para uma substância inorgânica estável, é denominada demanda bioquímica de oxigênio - DBO.

A DBO mede somente a quantidade de oxigênio consumido em ensaios padronizados e por isso não é possível indicar a presença de matéria não biodegradável e o efeito tóxico ou inibidor de substâncias sobre a atividade microbiana (ANA, 2005). Como uma forma de padronização, a DBO_{5,20} é geralmente a mais utilizada, considerada como a quantidade de oxigênio consumida durante um determinado período de tempo de cinco dias, numa temperatura de incubação específica de 20°C. (CETESB, 2006).

O despejo de substâncias orgânicas na água é o principal responsável pelo aumento da DBO. O alto teor de matéria orgânica pode reduzir drasticamente o oxigênio dissolvido na água, podendo levar a morte da ictiofauna (ANA, 2005).

Um elevado valor da $DBO_{5,20}$ pode indicar um incremento da microflora presente e interferir no equilíbrio da vida aquática, além de produzir sabores e odores desagradáveis e, ainda, pode obstruir os filtros de areia utilizados nas estações de tratamento de água (CETESB, 2006).

1.1.2.5 – Demanda Química de Oxigênio - DQO

É a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por meio de um agente químico. Os valores da DQO são obtidos por ensaios realizados num período de tempo menor, resultando em teores normalmente maiores que os da $DBO_{5,20}$. O aumento da concentração de DQO num corpo d'água se deve, principalmente, a despejos de origem industrial e/ou doméstica (CETESB, 2006).

Quando os dois ensaios são utilizados conjuntamente é possível observar a biodegradabilidade dos efluentes industriais, pois é sabido que o poder de oxidação do dicromato de potássio, substância utilizada no ensaio da DQO, é maior do que a ação de microrganismos, exceto raríssimos casos, como hidrocarbonetos aromáticos e piridina. Como na $DBO_{5,20}$ mede-se apenas a fração biodegradável, quanto mais este valor se aproximar da DQO significa que mais facilmente biodegradável será o efluente (CETESB, 2006).

1.1.2.6 – Oxigênio Dissolvido

Há duas formas principais de introdução de oxigênio em águas naturais. Uma é dependente das características hidráulicas e é proporcional à velocidade do curso d'água, e a outra é pelo processo fotossintético de algas (CETESB, 2006).

O processo fotossintético tem maior atuação em águas poluídas eutrofizadas, ou seja, aquelas em que a decomposição dos compostos orgânicos lançados levou à liberação de sais minerais no meio, que são utilizados como nutrientes pelas algas (CETESB, 2006).

Essa contribuição fotossintética de oxigênio só é expressiva após intensa participação da atividade bacteriana na decomposição de matéria orgânica, bem como, depois de desenvolvidos os protozoários, que além de constituírem organismos decompositores, consomem bactérias clarificando as águas e permitindo a penetração de luz (CETESB, 2006).

O parâmetro de oxigênio dissolvido, analisado isoladamente, pode levar a um diagnóstico errôneo, uma vez que água eutrofizada também pode apresentar concentrações

altas de oxigênio dissolvido. Isto ocorre, principalmente, em lagos de baixa velocidade aonde chegam a se formar crostas verdes de algas na superfície (CETESB, 2006).

Os níveis de oxigênio dissolvido também podem indicar a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática (CETESB, 2006).

1.1.2.7 – Nitrogênio

Os compostos de nitrogênio, na forma orgânica ou de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que nitrito e nitrato, à poluição mais remota. Assim, conforme ressalta von Sperling (1996), em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio presentes nas águas, pode fornecer informações sobre o seu estágio da poluição.

- Amônia

É uma substância tóxica, não persistente, não cumulativa e sua concentração, que normalmente é baixa, não causa dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar asfixia em peixes (IGAM, 2006).

- Nitrato

O nitrato é a principal forma de nitrogênio encontrada nas águas. Concentrações de nitratos superiores a 5 mg.L^{-1} podem demonstrar condições sanitárias inadequadas, pois a principal fonte de nitrogênio na forma de nitrato são dejetos humanos e animais. Os nitratos estimulam o desenvolvimento de plantas, e quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode conduzir a um crescimento exagerado de algas, processo denominado de eutrofização.

O nitrogênio excedente de áreas de produção agrícola pode ser emitido na atmosfera na forma de amônio ou óxido de nitrogênio, transportado para as águas superficiais ou subterrâneas na forma de nitrato e em menor quantidade como íon amônio ou compostos nitrogenados orgânicos dissolvidos (Ávila, 2005).

Em grandes quantidades, o nitrato pode causar em seres humanos, a doença denominada de metemoglobinemia (síndrome do sangue azul) (IGAM, 2006).

- Nitrito

É uma forma química do nitrogênio normalmente encontrada em quantidades diminutas nas águas superficiais, pois o nitrito é instável na presença do oxigênio, ocorrendo como uma forma intermediária (IGAM, 2006).

1.1.2.8 – Cloreto

Diversas são as fontes de cloreto nas águas superficiais, conforme citados a seguir:

- descargas de esgotos sanitários - cada pessoa expele, em média, por intermédio da urina, cerca de 6 g de cloreto diariamente;

- efluentes industriais - apresentam concentrações de cloreto elevadas principalmente os da indústria do petróleo, indústrias farmacêuticas, curtumes, entre outras;

- regiões costeiras, provenientes das concentrações salinas.

- águas tratadas - a adição de cloro puro ou em solução no tratamento das águas leva a uma elevação do nível de cloreto, resultante das reações de dissociação do cloro na água (CETESB, 2006).

Os cloretos provocam sabor "salgado" na água, sendo o cloreto de sódio o mais restritivo por provocar sabor em concentrações da ordem de 250 mgL^{-1} . Já com cloreto de cálcio, o sabor só é perceptível em concentrações de cloreto superior a 1000 mgL^{-1} .

A presença de cloretos ocasionam a corrosão em estruturas hidráulicas, como por exemplo, em emissários submarinos para a descarga oceânica de esgotos sanitários. Por isso, atualmente tais obras têm sido construídas com polietileno de alta densidade.

Podem ser utilizados como indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em um rio com o lançamento de esgotos sanitários. Hoje, porém, a análise de coliformes fecais é mais precisa para este fim. Os cloretos apresentam, também, influência nas características dos ecossistemas aquáticos naturais, por provocarem alterações na pressão osmótica nas células dos organismos aquáticos (CETESB, 2006).

1.1.2.9 – Fósforo Total

O fósforo, em conjunto com outros elementos, constitui-se em um dos principais nutrientes para os processos biológicos, pois é exigido em grandes quantidades pelas células. Porém, sua presença elevada em corpos d'água pode conduzir a diversos problemas, como é o caso do processo de eutrofização.

O fósforo pode se apresentar nas águas sob três formas diferentes. Os fosfatos orgânicos constituem a forma onde o fósforo compõe moléculas orgânicas, como a de um detergente, por exemplo. Os ortofosfatos, por outro lado, são representados pelos radicais que se combinam, com cátions formando sais inorgânicos nas águas. Os polifosfatos ou fosfatos condensados são polímeros de ortofosfatos. No entanto, esta terceira forma de ocorrência não é muito importante nos estudos de controle de qualidade das águas, porque os polifosfatos

sofrem hidrólise, se convertendo rapidamente nas águas naturais em ortofosfatos (CETESB, 2006).

O aparecimento de fósforo em amostras de água pode ter diversas origens antrópicas, como é o caso de descarga de esgotos, além do conteúdo de fósforo na matéria fecal. Juntamente com o esgoto, também são lançados detergentes superfosfatados amplamente utilizados no ambiente doméstico. Os efluentes industriais provenientes de indústrias de fertilizantes, pesticidas, produtos químicos em geral, além de abatedouros, frigoríficos e laticínios, também apresentam fósforo em quantidades excessivas (ANA, 2006).

O fósforo, também, é um elemento utilizado em grandes quantidades na agricultura. O fertilizante comercialmente conhecido com “NPK” apresenta proporções variadas de fertilizantes fosfatados. As águas drenadas em áreas agrícolas, em virtude destes fertilizantes, podem apresentar teores elevados de fósforo, que são transportados para os cursos d’água por meio da erosão dos solos.

1.1.2.10 – Ferro Total

De acordo com a CETESB (2006), em águas subterrâneas, o ferro aparece devido à dissolução dos minerais de ferro com gás carbônico. O carbonato ferroso resultante desta reação é solúvel.

Nas águas superficiais, o nível de concentração de ferro aumenta no período chuvoso devido ao carreamento de partículas constituintes dos solos e a ocorrência de processos de erosão das margens das drenagens. Indústrias metalúrgicas, também podem contribuir para o aumento da concentração do ferro na água, devido ao processo de decapagem, no qual por meio de um banho ácido é removida a camada oxidada das peças metálicas, ou seja, a ferrugem das peças.

O ferro também é utilizado como coagulante no processo de tratamento de água para abastecimento público, podendo este processo elevar o seu teor na água provida para a população.

Apesar do ferro não ser um elemento tóxico, traz diversos inconvenientes no abastecimento público de água. Provoca manchas em roupas e louças sanitárias, além de conferir cor e sabor à água. 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.

No processo de tratamento de águas para abastecimento deve-se destacar a influência da presença de ferro na etapa de coagulação e floculação. Águas que contêm ferro caracterizam-

se por apresentar alta cor e turbidez baixa. Este problema, em algumas estações, é resolvido apenas por meio da pré-cloração. Porém este é um procedimento que deve ser evitado, pois em caso de existência de certos compostos orgânicos, chamados precursores, o cloro pode reagir com o ferro, formando trihalometanos, compostos estes associados ao desenvolvimento do câncer (ANA, 2006).

1.1.3 – Biológicos

1.1.3.1 – Coliformes Totais

De acordo com o IGAM (2006), o grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas e analisadas em amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente.

1.1.3.2 – Coliformes Fecais

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gram-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas às fezes de animais de sangue quente e ocorrem também nos solos (ANA, 2006).

As bactérias coliformes fecais termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. Por isso, o uso das bactérias coliformes termotolerantes para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme total, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (IGAM, 2006).

A determinação 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, desintéria bacilar e cólera (CETESB, 2006).

2 – Índice de Qualidade de Água – IQA

O IQA representa um método que pondera os parâmetros físicos, químicos e biológicos de avaliação das águas, permitindo o estabelecimento de classes e padrões de qualidade que possibilita o enquadramento dos cursos d'água.

De acordo com Toledo e Nicolella, (2002) a interação entre as diversas variáveis mensuráveis numa amostra de água constitui o ponto de partida para a avaliação da qualidade da água.

O autor ainda sugere que para uma interpretação ecológica da qualidade das águas superficiais e/ou para estabelecer um sistema de monitoramento é necessário a utilização de métodos simples e que forneçam informações objetivas e de fácil interpretação. Nesse aspecto, os índices de qualidade de água constituem uma alternativa para utilização em estudos de avaliação em programas de monitoramento de águas superficiais, por meio de informações resumidas, podendo auxiliar a interpretação da possível deterioração dos recursos hídricos ao longo de uma bacia hidrográfica ou ao longo do tempo.

Várias técnicas para elaboração de Índice de Qualidade de Água têm sido usadas, sendo a mais empregada aquela desenvolvida pela *National Sanitation Foundation Institution* dos Estados Unidos e usada em países como o Brasil (em alguns estados) e Inglaterra. Esse índice foi desenvolvido a partir de pesquisas de opinião junto a vários especialistas da área ambiental, que selecionaram os parâmetros relevantes e seus respectivos pesos relativos e a condição em que se apresenta cada parâmetro (ANA, 2005).

Diferentes índices foram desenvolvidos baseados em características físico-químicas da água ou em características biológicas, comumente associadas ao estado trófico dos rios. A Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB, do Estado de São Paulo, utiliza dois os índices, um intitulado de Índice de Preservação da Vida Aquática – IVA e o Índice de Qualidade das Águas – IQA.

A fórmula para o cálculo do Índice de Qualidade de Água utilizado pela CETESB está apresentada na equação 1.

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

Onde:

IQA = um número entre 0 e 100;

qi = qualidade do i-ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, em função de sua concentração ou medida

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

Assim como no Estado de São Paulo, no Distrito Federal a avaliação da qualidade das águas superficiais é administrada por uma empresa pública de direito privado, a Companhia

de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, que também utiliza um Índice de Qualidade de Água.

O monitoramento realizado pela Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB compreende análises periódicas mensais (físicas, químicas e biológicas). Os resultados são avaliados segundo o Índice de Qualidade de Água – IQA, formulado pelo *Scottish Development Department* e adaptado pela Divisão de Monitoramento da Qualidade de Água de acordo com a Resolução nº20 do CONAMA, de 18/06/1986 para as águas provenientes diretamente dos pontos de captação. O IQA da CAESB é calculado por meio de uma equação empírica aritmética simples, da mesma maneira apresentada na equação 1, que utiliza os seguintes parâmetros com seus respectivos pesos: coliformes fecais (0,2), turbidez (0,15), cor (0,1), amônia (0,15), ferro (0,15), cloreto (0,1), pH (0,05) e DQO (0,1) (Sabbag, 2003).

De acordo com a ANA (2005), atualmente onze estados brasileiros utilizam o Índice de Qualidade de Água da CETESB como indicador da condição dos corpos d'água - representando cerca de 60% da população do país. Apenas no Distrito Federal, a CAESB utiliza parâmetros e pesos diferenciados dos demais estados, o que impossibilita o enquadramento dos corpos de água e sua comparação com a qualidade da água dos demais estados brasileiros. Os parâmetros e os pesos utilizados são os seguintes: oxigênio dissolvido (0,17), coliformes fecais (0,15), pH (0,12), demanda bioquímica de oxigênio (DBO₅, 20) (0,10), temperatura (0,10), nitrogênio total (0,10), fósforo total (0,10), turbidez (0,08), resíduo total (0,08).

Bernades et al. (1999) desenvolveram outro Índice de Qualidade de Água - para a água distribuída, após o tratamento pela CAESB. Nesse estudo procuraram sintetizar resultados de análises para facilitar o entendimento para leigos. Os parâmetros selecionados foram: cloro residual, coliformes totais e fecais, cor aparente, ferro total, flúor, pH e turbidez. Os limites estipulados foram desenvolvidos com base na Portaria 036/90 do Ministério da Saúde.

Diferentemente dos demais índices, Silva et al. (2004) não utilizaram apenas parâmetros físicos, químicos e biológicos de qualidade de água, mas indicadores em que fosse possível uma análise sistêmica da qualidade ambiental da região. Estabeleceram um Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água - ISA_ÁGUA para a região do Poxim - SE, que foi obtido a partir da integração dos perfis econômico, social e ecológico da localidade.

Para Toledo e Nicolella (2002) várias técnicas podem ser utilizadas na formulação de índices de qualidade de água, como técnicas estatísticas multivariadas, denominada Técnica de Análise Fatorial e o Método de Barlett. Ambos os métodos consistem em conhecer os

dados a partir de uma dimensão reduzida e selecionar as variáveis mais representativas do corpo hídrico. Verificaram que o uso da técnica de análise fatorial permitiu avaliar melhor as condições de deterioração da qualidade da água.

Molozzi et al. (2006) utilizaram o Índice de Qualidade de Água de Báscaran, que proporciona o valor global de qualidade da água, ao incorporar valores individuais de uma série de parâmetros para avaliar a qualidade da água utilizada na rizicultura. Diferentemente dos demais, esse índice é expresso por um valor percentual correspondente ao parâmetro; um peso correspondente a cada parâmetro; e uma constante de ajuste, em função do aspecto visual da água.

Todos esses índices contemplam certo grau de subjetividade, pois dependem da seleção dos parâmetros físicos, químicos e biológicos que serão utilizados no cálculo do IQA, constituindo os indicadores principais das alterações da qualidade de água. Os índices baseados em técnicas estatísticas favorecem a determinação dos indicadores mais característicos do corpo de água em estudo, embora não permitam generalizações para todos os corpos de água, já que cada sistema hídrico, em princípio, possui sua característica peculiar. Mas, são instrumentos de avaliação ao longo do tempo ou do espaço e os índices permitem acompanhar de uma maneira sintética as alterações ocorridas no eixo hidrográfico (Toledo e Nicoletta, 2002).

3 – Relação entre Diferentes Usos das Terras e a Qualidade de Água

A qualidade da água dos rios de áreas naturais é resultado da influência do clima, geologia, fisiografia, solos e vegetação da bacia hidrográfica. Nas áreas onde atividades antrópicas são desenvolvidas, o uso das terras e o desmatamento também contribui para as características da água (Prado e Novo, 2005).

Em função do tipo de atividade antrópica realizada, diferentes efeitos sobre os corpos d'água podem ocorrer. Essas atividades podem ser basicamente classificadas em agrícolas, industriais e ocupação urbana. Cada atividade apresenta características distintas, que fazem que o meio ambiente seja impactado de maneiras diferenciadas. A ocupação urbana e as atividades industriais causam, em sua maioria, uma poluição do tipo pontual, diferentemente da atividade agrícola, que é difusa, de difícil estudo e detecção (Prado e Novo, 2005).

Para Carvalho et al. (2000) a atividade agrícola necessita, num primeiro momento, de espaço físico, sendo frequentemente necessária a retirada total da cobertura vegetal natural, com a substituição por uma outra cobertura, seja ela vegetal ou não. O desmatamento é o primeiro impacto provocado ao ambiente, onde o solo fica desnudo e exposto. Nessas

condições pode ocorrer a lixiviação de nutrientes presentes nos solos ou aplicados meio dos fertilizantes, principalmente os químicos, além do carreamento de partículas de solos aos cursos de água, devido à exposição do solo às intempéries. Ocorre então, o assoreamento das drenagens, além de possíveis alterações químicas, físicas e biológicas na qualidade da água.

Ainda para esses autores, uma segunda prioridade para a agricultura e pecuária é o suprimento de água, que leva ao desenvolvimento dessas atividades próximo aos cursos d'água. Atividades forrageiras, bem como o manejo agrícola intensivo pode gradualmente degradar o solo, provocando a compactação, podendo ocorrer escoamentos superficiais da água da chuva e até erosões profundas.

Vários trabalhos científicos têm demonstrado que as atividades agrícolas impactam os corpos d'água, alterando principalmente as características químicas e físicas.

Bueno et al. (2005) desenvolveram um estudo no município de Conchal (SP) e monitoraram algumas variáveis de qualidade da água em duas condições do uso do solo (mata nativa e eucalipto) e encontraram diferenças significativas na matéria orgânica e oxigênio dissolvido.

Arcova e Cicco (1999) avaliaram os fatores que influenciam a qualidade da água de duas microbacias cobertas por Mata Atlântica e de duas microbacias onde predominam atividades de agricultura e pecuária extensiva, na região de Cunha, São Paulo. Analisaram parâmetros físicos e concluíram que as microbacias com agricultura apresentaram valores de temperatura, turbidez e cor aparente da água superiores aos registrados nas microbacias florestadas e a ausência de matas ciliares nas microbacias com agricultura favoreceu o aquecimento das águas. A turbidez foi superior nos períodos chuvosos, assim como a alteração da cor.

Carvalho et al. (2000) também avaliaram os riscos da intensa atividade pecuária e agrícola na potabilidade e balneabilidade de corpos aquáticos, nas microbacias do ribeirão da Onça e do Feijão, na região Oeste do Estado de São Paulo. Verificaram, também, alterações na qualidade da água em função das atividades realizadas na região. A situação inadequada da cobertura do solo é evidenciada pela variação sazonal na qualidade das águas, sendo pior no verão, ou seja, no período chuvoso. A pouca cobertura vegetal favorece o aporte de partículas de solo para os corpos d'água, aumentando a concentração de sólidos em suspensão.

Já o trabalho de Gonçalves et al. (2005) permitiu a avaliação da qualidade da água de uma microbacia, numa região produtora de fumo, em Agudo, no estado do Rio Grande do Sul. Verificaram que as maiores concentrações de poluentes na água ocorreram nas áreas onde há o predomínio de lavouras e estabelecimentos rurais. Detectaram, também, a presença

constante de altas concentrações de nutrientes (Ca, Mg, K e P) na água, que é condizente com a alta disponibilidade desses nutrientes, resultado da aplicação de fertilizantes químicos e do manejo agrícola adotado na região estudada.

Primavesi et al. (2002) avaliando a qualidade da água em áreas com diferentes usos das terras, verificaram que, na nascente com cobertura de mata, a qualidade da água se mostrou melhor que nas nascentes com uso agrícola, sendo a cor, dureza, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, pH, demanda química de oxigênio - DQO e oxigênio dissolvido as variáveis que mais expressaram essas diferenças.

Em muitos estudos é possível constatar que as atividades agrícolas podem provocar alterações no ambiente aquático, principalmente no período chuvoso, onde há o deflúvio superficial carreando partículas de solo para o leito dos rios e com isso, alterando determinados parâmetros de avaliação da qualidade da água.

A ocupação urbana também é uma das grandes responsáveis pela poluição dos corpos hídricos, mas diferentemente das atividades agrícolas, a poluição costuma ser do tipo pontual. Lima (2001) estudou a dinâmica da poluição nas águas da bacia do rio Cuiabá, decorrente do processo de urbanização ocorrido ao longo das últimas décadas e destacou que as concentrações de cargas orgânicas, nutrientes e coliformes, vêm sofrendo incrementos decorrentes dos esgotos domésticos.

Ayrosa (2001) avaliou a qualidade de água em uma bacia no Médio Paranapanema – São Paulo e atribuiu a degradação ambiental ao lançamento de efluentes domésticos, seguido de efluentes industriais.

De maneira semelhante, Carmo (2001), em seu estudo acerca da geoquímica de águas e sedimentos da bacia hidrográfica do rio Descoberto localizado no DF, verificou que houve uma variação na concentração de alguns parâmetros físico-químicos da água. A alcalinidade, amônia e fosfato apresentaram-se acima dos valores encontrados em estudos anteriores, o que indicou a influência de efluentes domésticos, uma vez que a área em estudo se encontra próximo às áreas urbanizadas. Avaliou, ainda, a geoquímica das águas e sedimentos de corrente da bacia hidrográfica do rio Descoberto, nas épocas de seca e chuva, e concluiu que as ações poluidoras estão em ritmo acelerado devido à ocupação urbana e também em relação ao uso crescente de defensivos agrícolas. Sugeriu a necessidade de monitoramento da água, a fim de reduzir ou conter a ocorrência vários elementos existentes nos fertilizantes, pesticidas e fungicidas e indicou a necessidade de instalação de sistemas de tratamento de esgoto nas cidades de Taguatinga, Águas Claras e Ceilândia, cidades localizadas na porção Leste do Distrito Federal.

Em estudos sobre a qualidade da água no Distrito Federal, Campana et al. (1998), também verificaram que as concentrações de amônia, ferro solúvel e coliformes fecais estavam acima do máximo permitido pela legislação vigente, no ponto de captação de água Mestre D'Armas da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB. Esta captação localiza-se numa área essencialmente urbana.

Pinelli (1999), também constatou que na água do ribeirão Mestre D'Armas há uma concentração elevada dos elementos cálcio, magnésio, silício e potássio, principalmente no trecho do ribeirão em que há uma forte influência urbana.

O desenvolvimento urbano à medida que aumenta, envolve duas atividades conflitantes, o aumento da demanda de água potável e a degradação dos mananciais urbanos por contaminação pelos resíduos urbanos e industriais.

Dessa forma, a tendência do desenvolvimento urbano é o de contaminar os cursos d'água com efluentes domésticos e pluviais inviabilizando a utilização dos cursos d'água para abastecimento público, lazer e outras atividades. Este cenário mostra a necessidade de planejamento e instalação de novos pontos de captação de água para áreas mais distantes das atividades urbanas, não contaminadas, ou o uso de tratamento de água e esgoto mais intensivo, o que envolve custos maiores.

Donadio et al. (2005) verificaram a influência de remanescentes de vegetação ciliar e da ação antrópica na qualidade da água em nascentes que fazem parte da bacia hidrográfica do Córrego Rico, localizadas nos municípios de Taquaritinga e de Guariba - SP, em duas classes de solo: Argissolo e Latossolo, respectivamente. Foram avaliadas variáveis químicas e físicas, nos períodos chuvoso e seco. Os períodos de amostragem, assim como as características dos solos e seus diferentes usos, influenciaram na qualidade da água das microbacias. Nas nascentes com vegetação natural remanescente, a qualidade da água mostrou-se melhor que nas nascentes com uso agrícola.

Não apenas as atividades agrícolas, industriais e a ocupação urbana provocam alterações na qualidade da água. Pompêo (2004) avaliou a bacia hidrográfica do rio Fiorita (Município de Siderópolis, SC) que foi intensamente minerada e verificou que a mineração de carvão reduziu a qualidade da água, com diminuição do pH e elevação nos valores de acidez total, condutividade elétrica e nos teores de sólidos totais, sulfato, alumínio, cálcio, ferro, magnésio e manganês.

4 – Sistema de Aptidão Agrícola das Terras

A utilização de recursos naturais, particularmente as terras, deve atender a certos critérios, sendo a classificação delas, realizadas por meio de um sistema de classificação da aptidão agrícola das terras, a maneira mais adequada de planejar o uso e ocupação. Isso visa sua utilização sustentável, assegurando sua capacidade produtiva e a sustentabilidade ambiental.

Ramalho Filho e Beek (1995) desenvolveram o Sistema Brasileiro de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras, onde são considerados três níveis de manejo, que visam diagnosticar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos. Os níveis de manejo são descritos a seguir:

- Nível de manejo A: baseado em práticas agrícolas que refletem um baixo nível técnico-cultural. As práticas agrícolas dependem do esforço braçal ou alguma tração animal;
- Nível de manejo B: utilizam nível tecnológico médio. Caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e tecnologias que incluem calagem e adubação com fertilizante NPK.
- Nível de manejo C: baseado em práticas agrícolas com altos níveis tecnológicos, caracterizados por aplicação intensiva de capital e de motomecanização;

Estabelecidos os níveis de manejo, este Sistema ainda considera grupos, subgrupos e classes de aptidão agrícola;

Os grupos de aptidão indicam o tipo de utilização mais intensivo das terras. Sua representação é feita por meio de algarismos arábicos de 1 a 6, sendo que a escala de possibilidades de utilização das terras varia de maneira decrescente, ou seja, as limitações aumentam do grupo 1 para o 6.

Os subgrupos de aptidão são os resultados da classe de aptidão relacionada com nível de manejo, indicando o tipo de utilização das terras.

Por fim, as classes de aptidão agrícola são definidas em quatro classes, que refletem a aptidão agrícola das terras para um determinado tipo de utilização, com um nível de manejo definido, dentro do subgrupo de aptidão. As classes foram então definidas em:

- boa: as terras não apresentam limitações significativas para a produção, observando as condições de manejo considerado. Há pouca restrição, o que não reduz a produtividade e não aumentam expressivamente os insumos requeridos.
- regular: terras que possuem limitações moderadas para a produção sustentada, levando em consideração o nível de manejo. Essas limitações reduzem a produtividade e aumentam a necessidade de insumos.

- restrita: terras que apresentam fortes limitações para a produção sustentável, observando as condições de manejo considerado. Essas limitações reduzem a produtividade ou os benefícios e podem também aumentar a necessidade de insumos, de uma forma que os custos só seriam justificados marginalmente.

- inapta: terras que possuem características que podem impedir a produção sustentada, considerando a utilização em questão.

O grau de limitação atribuído a cada uma das unidades das terras, resulta na classificação de sua aptidão agrícola. Na tabela 1 pode-se observar a nomenclatura e simbologia de cada classe (Ramalho Filho e Beek, 1995).

Tabela 1 – Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras.

Classe de Aptidão Agrícola	Tipo de utilização					
	Lavoura			Pastagem plantada	Silvicultura	Pastagem natural
	Nível de manejo			Nível de manejo B	Nível de manejo B	Nível de manejo A
	A	B	C			
Boa	A	B	C	P	S	N
Regular	a	b	c	P	s	n
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	-	-	-	-	-	-

Fonte: Ramalho e Beek (1995).

As letras indicativas das classes de aptidão, de acordo com os níveis de manejo, podem aparecer nos subgrupos como letras maiúsculas, minúsculas ou minúsculas entre parênteses, com indicação de diferentes tipos de utilização. A ausência das letras representativas das classes de aptidão, na simbolização dos subgrupos, indica não haver aptidão para uso mais intensivo. Na tabela 2 estão indicadas as alternativas de utilização das terras de acordo com os grupos de aptidão agrícola.

Tabela 2 – Alternativas de utilização das terras de acordo com grupos de aptidão agrícola.

Grupo de Aptidão Agrícola	Aumento da intensidade de uso					
	Preservação da flora e da fauna	Silvicultura e/ ou pastagem natural	Pastagem plantada	Lavouras		
				Aptidão restrita	Aptidão regular	Aptidão boa
Aumento da intensidade da limitação. Diminuição das Alternativas de uso.	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
	6					

Fonte: Ramalho e Beek (1995).

5 – Geoprocessamento

5.1 – Sistemas de Informação Geográfica – SIG

Os Sistemas de Informação Geográfica-SIGs são sistemas de informação computacional capazes de capturar, manipular, consultar, armazenar, analisar e imprimir dados referenciados espacialmente em relação à superfície da Terra (Rocha, 2000).

De acordo com Silva (2003), os SIGs são uma tecnologia que possui um ferramental necessário para realizar análises com dados espaciais e oferece alternativas para o entendimento da ocupação e utilização do meio físico

A tecnologia dos SIGs pode trazer benefícios devido à sua capacidade de manipular a informação espacial de forma precisa, rápida e sofisticada. Atualmente, vem sendo utilizada por diversos profissionais, para as mais variadas aplicações, tornando-se ferramenta de uso comum em empresas, universidades e agências governamentais (Rocha, 2000).

Segundo Rosa e Brito (1996) o objetivo geral de um SIG é servir de instrumento eficiente para todas as áreas do conhecimento que fazem uso de informações georreferenciadas, possibilitando integrar em uma única base de dados, representações de vários aspectos do estudo de uma região, tais como solos, geologia, hidrografia, declividade, entre outros.

Dados georreferenciados são aqueles que conhecemos a posição por meio de uma referência espacial, relacionada a um sistema de coordenadas. A aquisição, coleta ou captura desses dados podem ser realizadas com o uso de várias técnicas e equipamentos tais como: levantamentos de campo, fotografias aéreas, GPS e produtos de sensores remotos.

O principal aspecto dos dados tratados em um SIG é a natureza dual da informação, ou seja, um dado espacial ou dado geográfico possui uma localização expressa em coordenadas e atributos descritivos representados num banco de dados.

Moreira (2003), relata que um SIG é composto por cinco componentes independentes, porém interligados. Os componentes do SIG são as interfaces, entrada e integração dos dados, funções de consulta e análise espacial, visualização e plotagem, e banco de dados geográficos.

Um SIG comporta dois tipos de dados, matriciais e vetoriais. Na representação matricial, supõe-se que o espaço possa ser tratado como uma superfície plana, onde cada célula está associada a uma porção do terreno. Na representação vetorial, a localização e a aparência gráfica de cada objeto são representadas por um conjunto definido de pares de coordenadas.

O uso conjugado do Sensoriamento Remoto e de um SIG é essencial para determinar a repartição geográfica do uso e da cobertura do solo (sensoriamento remoto) e para estabelecer a zona de influência sobre cada ponto de medição da qualidade da água.

Santos e Maillard, (2005), utilizaram o ferramental de SIG e sensoriamento remoto para modelar a poluição difusa na bacia do rio das Velhas.

Pinto et al. (2005) utilizaram o estudo com o objetivo de: (a) realizar a caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz e (b) analisar o cumprimento da legislação ambiental nas Áreas de Preservação Permanentes – APPs dos córregos, nascentes e encostas. Foram utilizadas cartas planialtimétricas, imagens de satélite, fotos aéreas verticais e levantamento de campo, os quais foram manipulados em um SIG por meio do programa SPRING.

Chaves (2005) utilizou técnicas de Sensoriamento Remoto e SIG na avaliação do uso e qualidade do solo e da água numa região de nascentes do rio Descoberto-DF e com essa ferramenta foi possível elaborar um mapa de uso da área em estudo, além de integrar as informações de qualidade de solo e da água coletadas.

De maneira semelhante, Néto (2005), também utilizou um SIG e técnicas de sensoriamento remoto na avaliação ambiental da bacia do rio das Ondas no estado da Bahia. Com isso, confeccionou mapas de uso dos solos ao longo de uma série histórica, além das cartas de declividade, hipsometria e drenagem, possibilitando assim avaliar a evolução da ocupação das terras nessa área. Também realizou a caracterização morfométrica das drenagens para identificar possíveis alterações causadas por ações antrópicas e verificou perdas de 45,2% de canais de primeira ordem.

Além de possibilitar a conjugação de informações espacializadas, os SIGs também possibilitam o uso de técnicas de simulações. Machado e Vettorazzi (2003) utilizaram o modelo SWAT e o *software* ArcView na simulação da produção de sedimentos numa microbacia no estado de São Paulo e verificaram que os dados obtidos na simulação foram muito semelhantes aos obtidos em campo, indicando um bom ajuste do modelo.

Prado e Novo (2005), também utilizaram um SIG na modelagem do potencial poluidor das sub-microbacias de contribuição do reservatório de Barra Bonita, São Paulo relacionado à qualidade de água, o que possibilitou a elaboração de cenários e conseqüentemente a identificação de maior potencial poluidor.

5.2 – Sensoriamento Remoto

Meneses (2001) define Sensoriamento Remoto como “a medição e o registro da radiação eletromagnética refletida ou emitida da superfície terrestre e da atmosfera e as relações de tais medidas com a natureza e distribuição dos materiais”.

A radiação eletromagnética apresenta propriedades elétricas e magnéticas e move-se à velocidade da luz. Essa energia refletida ou emitida pelos materiais presentes na superfície terrestre pode ser detectada por um sensor imageador.

Os sensores são equipamentos capazes de coletar a energia proveniente dos alvos terrestres e transformar essa energia em um sinal passível de ser registrado e apresentá-lo em forma adequada à extração de informações. As imagens digitais são os registros de cenas focalizados por meio de sensores e em faixas de frequência bem definidas do espectro eletromagnético (Moreira, 2003).

Segundo Moreira (2003), os sistemas de sensores podem ser classificados assim:

- os sensores não-imageadores são aqueles que medem a radiância do alvo e apresentam os dados em forma de gráfico;

- os sensores imageadores constituem aqueles cujos dados são apresentados em forma de imagem;

- os sensores passivos, que medem a radiação refletida e/ou emitida pelos alvos, proveniente de uma fonte externa, o Sol;

- os sensores ativos, que possuem uma fonte de radiação própria, como por exemplo os radares (faixa do espectro eletromagnético de microondas);

Os sensores imageadores podem ser ainda classificados em função da resolução espectral, espacial, temporal e radiométrica, conforme descritas a seguir:

- resolução espectral: definida pelo número de bandas espectrais e pela largura do intervalo de comprimento de onda coberto por cada banda espectral (Moreira, 2003);

- resolução espacial: refere-se ao campo de visada instantâneo, em outras palavras, corresponde à área imageada por um dado sensor sobre a superfície terrestre dentro de um ângulo sólido, em dado instante de tempo (Moreira, 2003).

- resolução temporal: representa a periodicidade que um sensor é capaz de produzir uma nova imagem do mesmo ponto da superfície terrestre (Moreira, 2003).

- resolução radiométrica: refere-se à capacidade de um sensor de discriminar, numa área imageada, alvos que apresentam pequenas diferenças da radiação refletida e/ou emitida em certas regiões do espectro eletromagnético (Moreira, 2003).

Venturieri et al (2005), utilizaram imagens LANDSAT e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água, em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará.

Spindola (2006) avaliou o uso e ocupação das terras por meio da porção norte da bacia do rio São Bartolomeu, no Distrito Federal por meio da utilização de técnicas de Sensoriamento Remoto. Da mesma forma Tonial et al. (2000), também utilizaram técnicas de sensoriamento remoto para caracterizar a ocupação das terras em microbacias, no estado do Rio Grande do Sul.

5.2.1 – Processamento de Imagens

De acordo com Crósta (1992), o processamento de imagens digitais pode ser entendido como o conjunto de procedimentos relativos ao tratamento e à análise computacional de imagens. Considera, ainda, que esse procedimento tem basicamente duas finalidades: extrair informações da imagem ou transformá-la para melhorar seu aspecto ou facilitar sua análise.

Um sistema de processamento de imagens envolve algumas etapas que podem ser agrupadas na seguinte ordem: pré-processamento, transformação de dados digitais, e pré-processamento propriamente dito, que inclui a classificação e pós-processamento (Moreira, 2003).

Na fase de pré-processamento empregam-se técnicas visando melhorar a qualidade dos dados, ou seja, a remoção de ruídos, realce da imagem, correção e retificação geométrica, além do registro geográfico e redução da dimensionalidade. Esses são os procedimentos mais comuns utilizados (Moreira, 2003).

O processo de classificação automatizada de imagens de satélite busca agrupar e rotular cada *pixel* da imagem em análise, em uma determinada classe temática. Existem basicamente dois sistemas de classificação de imagens, a não-supervisionada e a supervisionada.

A classificação não-supervisionada é indicada quando o analista não possui um conhecimento prévio da área. Esse método visa eliminar a subjetividade no processo de obtenção de amostras da área.

Na classificação supervisionada utiliza-se um algoritmo, cujo reconhecimento dos padrões espectrais é feito por meio de amostras da área selecionada pelo analista, para cada classe temática pré-estabelecida. Entre os algoritmos supervisionados, um dos mais empregados é o máxima verossimilhança - MAXVER. Porém, em certos casos, alguns algoritmos necessitam de parâmetros que devem ser fornecidos ao sistema por meio do analista (Moreira, 2003).

Muitos trabalhos utilizam o método supervisionado de classificação MAXVER, na identificação e caracterização da ocupação das terras. Santos e Maillard (2005) adotaram esse método na classificação do uso e cobertura das terras realizado na bacia hidrográfica do rio das Velhas no Estado de Minas Gerais, com intuito de modelar a poluição difusa que ocorre lá, identificando doze classes de uso. A avaliação da precisão temática foi auxiliada por cerca de 250 pontos de amostragem escolhidos aleatoriamente em toda extensão da bacia.

Lima (2001), utilizou o algoritmo da máxima verossimilhança e distância mínima, na classificação da região correspondente à área urbana de Cuiabá e Várzea Grande – Mato Grosso, na modelagem integrada da gestão da água do rio Cuiabá.

Pedron et. al (2006), produziu um mapa de uso atual das terras foi gerado a partir da classificação supervisionada de imagem do sensor ETM+ (LANDSAT 7), bandas 3, 4 e 5, do ano de 2002, utilizando-se o classificador estatístico “MAXVER” (máxima verossimilhança), integrante do aplicativo SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas, versão 4.0, desenvolvido pelo INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Foram estabelecidas cinco classes de uso: floresta (nativa e plantada), agricultura (culturas anuais), campo (pastagens naturais e vegetação secundária), água (rios, córregos e lagos) e outros (solo exposto, rodovias e área urbana). Pequenos erros de classificação foram corrigidos pela reambulação temática ().

Chaves (2005) optou utilizar a classificação não supervisionada ISODATA (*Iterative Self-Organizing Data Analysis Technique*) na confecção do mapa de uso em uma microbacia no Distrito Federal – DF.

II – OBJETIVO GERAL

Avaliar o uso e ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D’Armas - DF.

II.1 – Objetivos Específicos

- Caracterizar os diferentes tipos de usos e ocupações das terras da microbacia do ribeirão Mestre D’Armas, subdivididas pelas sub-microbacias das captações da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, localizadas nos córregos, Brejinho, Fumal, Quinze e Corquinho e nos ribeirões Mestre D’Armas e Pipiripau;
- Avaliar a qualidade da água nos pontos de captação de água da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, localizados na microbacia

do ribeirão Mestre D'Armas, subdivididas pelas sub-microbacias dos pontos de captação localizadas nos córregos Brejinho, Fumal, Quinze, Corguinho e nos ribeirões Mestre D'Armas, e Pipiripau;

- Interpretar as relações entre a qualidade da água e os usos e ocupações das terras das sub-microbacias de estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. Brasília: 2005. 265p.

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**, v. 56, dez. 1999, p. 125-134.

ÁVILA, V. B. **Relação entre o uso e manejo do solo em uma bacia rural e a contribuição de nitrogênio, fósforo e sedimentos a corpos hídricos**. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 114p. Dissertação de Mestrado.

AYROSA, D.M.M. **Avaliação da qualidade da água como indicador ambiental na bacia Pari-Veado: Médio Paranapanema**. Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2001. Dissertação de Mestrado.

BERNADES, R. S.; ABREU, L. M.; DORNAS, M. O índice de qualidade da água distribuída à população do Distrito Federal. In: **20º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 1999.

BOLIN, B.; COOK, R. G. **The Major Biogeochemical Cycles and Their Interactions**. New York: Scientific Committee on Problems of the Environment of the International Council of Scientific Unions (ICSU). 1983. 531 p.

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

CAMPANA, N. A.; MONTEIRO, M. P.; BRANDÃO, C. C.; KOIDE, S. Avaliação qualitativa dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. In: **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**, vol. 2, Brasília: IEMA/SEMATEC/UnB, 1998, p. 112-130.

CARMO, M. S. **Geoquímica de águas e Sedimentos de Corrente da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto**. Brasília: Universidade de Brasília, 2001. Dissertação de Mestrado.

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

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, **Variáveis de Qualidade de Água**. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp>. acessado em:22/01/2006

CGEE - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Prospecção tecnológica em recursos hídricos**. Brasília: 2005.

CHAVES, A. A. A. **Avaliação do uso e qualidade do solo e da água da região de nascentes do rio Descoberto**. DF. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 92p. Dissertação de Mestrado.

CONAMA - RESOLUÇÃO CONAMA n. 20. de 18/6/86 . Site: www.ibama.gov.br

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170p.

DONADIO, 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, jan./abr. 2005. p.115-125.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. vol.9, no.3 Campinas: July/Sept, 2005.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão de Águas, **Projeto Águas de Minas**. http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas_param_indi.htm. acessado em: 20/02/2006.

LIMA, L. B. N. R, **Modelação Integrada para Gestão da Qualidade da água na Bacia do Rio Cuiabá**, Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2001. Tese de Doutorado.

MACHADO, R. E ; VETTORAZZI, C. A. Simulação da produção de sedimentos para a microbacia hidrográfica do ribeirão dos Marins (SP). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n.27, 2003. p.735-741

MATHEUS, C.E.; MORAES, A.J. de; TUNDISI, T.M.; TUNDISI, J.G. **Manual de análises limnológicas**. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, 1995. 62 p.

MENESES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais**, Brasília, DF, Universidade de Brasília, 2001.

MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**. Porto Alegre: v.3, n. 4, out/dez, 2002.

MOLOZZI, J.; PINHEIRO, A.; SILVA, M.R. Qualidade da água em diferentes estádios de desenvolvimento do arroz irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília: v.41, n.9, set. 2006, p.1393-1398.

MOREIRA, M. A., **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Viçosa: 2. ed., editora UFV, 2003.

NETO, J. P. S. **Avaliação geoambiental da bacia do rio das ondas no oeste da Bahia.** Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 233p. Tese de Doutorado.

PEDRON F. A.; DALMOLIN, R. S. D.; AZEVEDO, A. C.; BOTELHO, M. R.; ROSA, A. S. Análise da dinâmica espacial da ocupação das terras e seus conflitos de uso no perímetro urbano de Santa Maria - RS (1975 - 2002) **Ciência Rural**, v.36, n.6, Santa Maria, nov./dez. 2006.

PINELLI, M. P. **Geoquímica das Águas e Sedimentos da Bacia do São Bartolomeu Brasília-DF.** Brasília: Universidade de Brasília, 1999. Dissertação de Mestrado.

PINTO, L. V. A.; FERREIRA, E.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 1, jan./mar. 2005. p. 49-60.

POMPÊO, M. L. M.; MOSCHINI, C. ALEXANDRE, N. Z.; SANTO, E. Qualidade da água em região alterada pela mineração de carvão na microbacia do rio Fiorita (Siderópolis, Estado de Santa Catarina, Brasil) **Acta Scientiarum Biological Sciences**. Maringá: v. 26, no. 2, p. 125-136, 2004.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M. Aplicação de geotecnologias na modelagem do potencial poluidor das sub-bacias de contribuição para o reservatório de Barra Bonita – SP relacionado à qualidade da água. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia: INPE, 2005. p. 3253-3260.

PRIMAVESI, O.; FREITAS, A.R. de; PRIMAVESI, A.C.; OLIVEIRA, H.T. de. Water quality of Canchim's creek watershed in São Paulo, SP, Brazil, occupied by beef and dairy cattle activities. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. Curitiba: v.45, n.2, p.209-17, 2002.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. **Sistema de Aptidão Agrícola das Terras.** Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 3º ed., 1995.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar.** Juiz de Fora: Ed. Do autor, 2000. 220p.

ROSA, R.; BRITO, J.L.S. **Introdução ao Geoprocessamento.** Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 1996.

SABBAG, S. K. ALVES, V. P. BRITO, C. Situação do monitoramento da qualidade da água no Brasil. In: **O Estado das Águas no Brasil 2001-2002.** Brasília: ANA, 2003.

SANTOS, N. A. P.; MAILLARD, P. Uso do sensoriamento remoto e de um sistema de informação geográfica na modelagem da poluição difusa na bacia hidrográfica do Rio das Velhas Anais **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 2551-2553.

SILVA, A. S. BUSCHINELLI, C. C. A. RODRIGUES, I. A. MACHADO, R. E. Índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (ISA_ÁGUA): municípios da região do entorno do Rio Poxim, SE. Jaguariúna: **Boletim de pesquisa e desenvolvimento**, ISSN 1516-4675, Junho, 2004.

SILVA, A. B. **Sistemas de Informações Geo-referenciadas: conceitos e fundamentos**. Campinas: Ed. Da Unicamp, 2003. 240p.

SPINDOLA, C. F. **Avaliação Temporal do uso e ocupação das terras na bacia do rio São Bartolomeu, DF**. Brasília: Universidade de Brasília, 2005. 92p. Dissertação de Mestrado.

SWIFT JR., L.M.; MESSER, J.B. Forest cuttings raise temperatures of small streams in the southern Appalachians. **Journal of Soil and Water Conservation**. Ankeny: v.26, n.23, p.111-17, 1971.

TOLEDO, L. G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**. Piracicaba: vol 59, n. 1, jan/mar 2004.

TONIAL T. M.; MISSIO, E.; SANTOS, J. E.; PIRES J.S.R.; OLIVEIRA, C. H.; RITTERBUCH, M. A.; ZANG, N. Caracterização Preliminar de Áreas de Vegetação em Microbacias da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista de Pesquisa e Pós**. Erechin: n. 01, 2000. p.107-130

TUCCI, C. E. M. Água no meio Urbano. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul. In: **Livro Água Doce**, Dezembro de 1997.

VENTURIERI, A.; FIGUEIREDO, R. O.; WATRIN, O. S. Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia: INPE, Brasil, 16-21 abril 2005.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v.1. In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2.ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

CAPÍTULO ÚNICO

Trabalho a ser encaminhado para a Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira

OCUPAÇÃO DAS TERRAS E A QUALIDADE DA ÁGUA NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO MESTRE D'ARMAS, DISTRITO FEDERAL¹

Marina Rolim Bilich² & Marilusa Pinto Coelho Lacerda³

¹ Projeto financiado pelo CNPq. ² Aluna do Mestrado em Gestão de Solo e Água da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, Campus Universitário Darcy Ribeiro, Instituto Central de Ciências Ala Sul, Caixa Postal 4.508, CEP:70.910-970, Brasília, DF, maribilich@yahoo.com.br, ³ Professora Adjunto da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, da Universidade de Brasília.

RESUMO

A microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, é responsável pelo abastecimento de água de parte da população do Distrito Federal. Com o aumento populacional, faz-se necessário a avaliação da sustentabilidade dos usos e ocupações dos recursos naturais dessa microbacia particularmente em estudos que envolvam a relação entre a qualidade da água e a ocupação das terras. O objetivo do estudo foi avaliar a ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, caracterizando os diferentes tipos de usos e ocupações das terras, das sub-microbacias, das captações de água da Companhia de Saneamento Ambiental – CAESB localizados nos córregos Brejinho, Fumal, Quinze, Corguinho, Mestre D'Armas e Pípiripau. Foi utilizado um Sistema de Informação Geográfica, o *software* ArcGis 9.1 e a tecnologia de Sensoriamento Remoto, com a aplicação do *software* Envi 4.1. A qualidade da água foi avaliada nas seis captações de água para abastecimento público da Companhia de Saneamento Ambiental – CAESB, localizadas na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas: Brejinho, Fumal, Quinze, Corguinho, Mestre D'Armas e Pípiripau. Foram analisados os parâmetros de turbidez, condutividade, amônia, pH, demanda química de oxigênio, coliformes fecais e o Índice de Qualidade de Água, ao longo dos anos 1996, 2000, 2003 e de janeiro a julho do ano 2005. Foram estabelecidas correlações de Pearson, e teste

Tukey, com as médias de cada parâmetro de qualidade de água. Verificou-se que a agricultura ocupa a maior área, 56,4% da área da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas. As áreas com a vegetação nativa preservada correspondem estão restritas basicamente à Estação Ecológica de Águas Emendadas. A atividade agrícola, principalmente a produção de olerícolas, foi a atividade antrópica que provocou a maior deterioração da qualidade da água observada nas captações em estudo. Dentre as captações de água localizadas em sub-microbacias, com vegetação nativa preservada, a captação do córrego Fumal foi a que apresentou a pior qualidade de água. Entre as captações localizadas em sub-microbacias de uso agrícola e urbano, a captação do ribeirão Pipiripau foi a que apresentou a pior qualidade ao longo dos anos em estudo.

Palavras chaves: ocupação das terras, qualidade da água, sistemas de informações geográficas, sensoriamento remoto.

LAND COVER AND WATER QUALITY IN MESTRE D'ARMAS WATERSHED, DISTRITO FEDERAL, BRAZIL

ABSTRACT

The Mestre D'Armas watershed is responsible for the water supply of a part of the Brazilian Federal District population. The objective of this work was to evaluate the land cover and the water quality at Mestre D'Armas watershed, identifying the different types of land cover and land use, as well as the sub-watersheds, included in public water collection points of the Companhia de Saneamento Ambiental – CAESB located at: Brejinho, Fumal, Quinze, Corguinho, Mestre D'Armas e Pipiripau. A Geographical Information System, software ArcGis 9.1 was utilized and the technology of Remote Sensing, with the application of software Envi 4.1. The water quality was evaluated in the six public water collection points from the CAESB, located at the Mestre D'Armas watershed: Brejinho, Fumal, Quinze, Corguinho, Mestre D'Armas e Pipiripau. Parameters such as turbidity, conductivity, ammonia, pH, chemical oxygen demand, fecal coliforms and Water Quality Index, was applied to the years 1996, 2000, 2003 and January to July of the year 2005. Pearson's correlations and Tukey with the average of each parameter of water quality. It was verified that the agriculture occupies the biggest area, 56,4% of the Mestre D'Armas watershed. The areas with preserved native vegetation, great part is located in the environmental protection area, Estação Ecológica de Águas Emendadas. The agricultural activity, specially horticulture production, was the activity that cause the highest deterioration to the water quality, observed at the water collection points. The results obtained had shown that among the water collections points, located at sub-watersheds with preserved native vegetation, the water collection point Fumal had the worst water quality. Among the water collection points located at sub-watershed with land covered with urban areas and agriculture, Pipiripau had presented the worst water quality along the years studied.

Word keys: land cover, water quality, Geographical Information System, Remote Sensing.

I – INTRODUÇÃO

A qualidade da água de áreas naturais é resultado da influência do clima, geologia, fisiografia, solos e vegetação da bacia hidrográfica correspondente. Nas áreas onde atividades antrópicas são desenvolvidas, o desmatamento e o uso das terras também contribui para as características da água (Prado e Novo, 2005).

Em função do tipo de atividade antrópica realizada, diferentes efeitos sobre os corpos d'água podem ocorrer. Todas essas ações antropogênicas acarretam impactos que se inter-relacionam com os processos naturais que ocorrem na bacia hidrográfica. Essas atividades podem ser basicamente classificadas em agrícolas, industriais e ocupação urbana. Assim, cada atividade apresenta características distintas, que fazem com o que o meio ambiente seja impactado de maneiras diferenciadas. Dessa forma, a ocupação urbana e as atividades industriais causam, em sua maioria, uma poluição do tipo pontual, diferentemente do que ocorre com a atividade agrícola, a qual é do tipo difusa, sendo de difícil estudo e detecção (Prado e Novo, 2005).

O Distrito Federal - DF é uma região desprivilegiada quanto à disponibilidade de recursos hídricos, não há grandes rios e a captação para abastecimento público de água é feita por meio de pequenos mananciais e água subterrânea. O rio São Bartolomeu, que se insere na região hidrográfica do Paraná é de suma importância para o DF, uma vez que sua bacia é considerada a maior área total da rede de drenagem do DF e onde se localizam as grandes áreas urbanas e as principais captações de água para abastecimento público do DF.

No estudo realizado por Pinelli (1999) a ocupação da microbacia em pauta foi individualizada em áreas de preservação ambiental (Estação Ecológica de Águas Emendadas), áreas sem uso definido, áreas com desenvolvimento de atividades de pesquisas agropecuárias (EMBRAPA-Cerrados), além de atividades de reflorestamento e loteamentos residenciais. Foi considerado que cerca de 20% da área da microbacia é representada por áreas de preservação ambiental. Este estudo concluiu que as principais fontes de contaminação reconhecidas na área foram efluentes domésticos, resíduos de adubação química e defensivos agrícolas, além de óleos e graxas provenientes de oficinas. O ribeirão Mestre D'Armas apresentou valores médios elevados para os elementos cálcio, magnésio, silício, potássio e pH, sendo os pontos de coleta e análise, próximas a áreas urbanas ou de forte influência urbana.

Arcova e Cicco (1999) avaliaram os fatores que influenciam a qualidade da água de duas microbacias recobertas por floresta da Mata Atlântica e de duas microbacias onde predominam atividades de agricultura e pecuária extensiva, na região de Cunha, São Paulo. Analisaram parâmetros físicos indicativos da qualidade da água e concluíram que as

microbacias ocupadas com agricultura, apresentaram valores de temperatura, turbidez e cor aparente da água, superior aos registrados nas microbacias florestadas, bem como a ausência de matas ciliares nas microbacias com agricultura, favoreceu o aquecimento das águas. A turbidez foi superior nos períodos chuvosos, assim como a cor.

Carvalho et al. (2000) também avaliaram os riscos da intensa atividade pecuária e agrícola na potabilidade e balneabilidade de corpos aquáticos nas microbacias do ribeirão da Onça e do Feijão, na região Oeste do Estado de São Paulo. Verificaram, também, alterações na qualidade da água em função das atividades realizadas na região. A situação inadequada da cobertura do solo é evidenciada pela variação sazonal na qualidade das águas, sendo pior no verão, ou seja, no período chuvoso. A pouca cobertura vegetal favorece o aporte de partículas de solo para os corpos d'água, aumentando a concentração de sólidos em suspensão.

Bilich e Lacerda (2005) avaliaram a qualidade da água em todos os pontos de captação de água da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB e verificaram que o ponto de captação localizado no ribeirão Mestre D'Armas, afluente do rio São Bartolomeu, é o que apresenta qualidade da água inferior aos demais, ao longo de uma série histórica de dez anos (1993 a 2004).

Para a integração de informações relacionadas ao estudo de qualidade da água e condições ambientais dos cursos d'água correspondentes, tais como o uso e ocupações das terras, classes de solo e qualidade da água, os Sistemas de Informações Geográficas e a tecnologia de Sensoriamento Remoto constituem ferramentas muito úteis para o diagnóstico da qualidade ambiental e o gerenciamento e monitoramento da área em estudo (Prado e Novo, 2005).

Diversos estudos na área vêm demonstrando problemas na qualidade da água desse rio. Em função dos problemas ambientais indicados, com o aumento da população e o conseqüente aumento do consumo de água, os setores responsáveis pelo abastecimento e gerenciamento de recursos hídricos necessitam ter acesso a uma gama maior de informações. Nesse contexto, faz-se necessário aprofundar estudos e pesquisas para o diagnóstico de problemas ambientais, a fim de auxiliar possíveis ações no planejamento e monitoramento periódico do uso dos recursos hídricos e ocupação das terras, particularmente no Distrito Federal.

Dessa forma faz-se necessário a avaliação da sustentabilidade dos usos e ocupações dos recursos naturais da bacia do rio São Bartolomeu, particularmente em estudos que envolvam a relação entre qualidade da água e a ocupação das terras, para subsidiar planejamentos ambientais sustentáveis.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a ocupação das terras e a qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, integrante do curso superior do rio São Bartolomeu.

II – MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo compreendeu etapas de campo, laboratório e escritório.

Para o desenvolvimento do trabalho, inicialmente, foram realizadas revisões bibliográficas e levantamento de dados secundários necessários ao trabalho, como bases cartográficas e dados acerca da qualidade da água na microbacia e imagens de satélite disponíveis.

2.1 – Seleção da Área em Estudo

A seleção da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas para o estudo proposto foi embasada no estudo realizado por Bilich e Lacerda (2005) que avaliou qualidade da água nas trinta captações de água operadas pela Companhia de Saneamento do Distrito Federal - DF, entre os anos de 1993 e 2004. O estudo constatou que as captações Mestre D'Armas e Pípiripau apresentaram os maiores problemas na qualidade da água no período estudado.

Além disso, a área selecionada apresenta usos e ocupações diversificados das terras e possui seis pontos de captação de água para o abastecimento público do Distrito Federal, com monitoramento periódico da qualidade da água. Esses pontos de captação localizam-se nos córregos Brejinho, Fumal, Corguinho e Quinze e nos ribeirões Pípiripau e Mestre D'Armas.

Em função da diversidade do uso e ocupação das terras, a microbacia em estudo foi subdividida em sub-microbacias, que englobam a área de drenagem correspondente a cada ponto de captação de água em análise.

As sub-microbacias correspondentes a cada captação foram individualizadas para possibilitar o estudo da qualidade da água em cada captação e possibilitar a determinação do uso e ocupação das terras.

2.1.1 – Agrupamento das Sub-microbacias

Com a avaliação expedita das áreas ocupadas por cada classe de uso e ocupação das terras em cada sub-microbacia, e por meio de análises visuais de imagens de satélite e campanhas de campo, as seis captações em estudo foram classificadas em dois grupos, um referente às sub-microbacias com ocupação das terras predominantemente antrópico, ou seja, mais de 60% da área de cada sub-microbacia, que foram as captações localizados nos

córregos Fumal, Brejinho e Corguinho e outro grupo referente às sub-microbacias com cobertura de vegetação nativa, ocupando área superior à 60%, sendo as captações localizadas nos ribeirões Pipiripau e Mestre D'Armas e córrego Quinze.

Esse agrupamento foi feito de maneira a facilitar o entendimento e discussão dos resultados obtidos.

2.2 – Caracterização da Área de Estudo

2.2.1 – Localização

A microbacia do ribeirão Mestre D'Armas localiza-se na porção nordeste do Distrito Federal e possui uma área de 46.144,98 ha e está delimitada pelas seguintes coordenadas UTM (fuso 23): 219188,00 m a 235192,00 m e 8278085,40 m a 8272331,20 m.

A localização das sub-microbacias, bem como os pontos de captação de água em estudo da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal - CAESB estudados, ou seja: Mestre D'Armas, Corguinho, Fumal, Brejinho, Quinze e Pipiripau, podem ser observadas na figura 1.

Todos os pontos em estudo localizam-se na APA do rio São Bartolomeu, que pertence à bacia hidrográfica do Paraná, cuja área de drenagem é representada por 62, 5% da área do Distrito Federal (Campana et al, 1998). A região hidrográfica do Paraná apresenta grande importância no contexto nacional, pois envolve 32% da população nacional e o maior desenvolvimento econômico do país.

2.2.2 – Clima

O clima predominante na região de estudo, segundo a classificação de Köppen, enquadra-se entre “tropical de savana” e “temperado chuvoso de inverno seco”, com concentração da precipitação pluviométrica no verão. É caracterizado pela existência de duas estações:

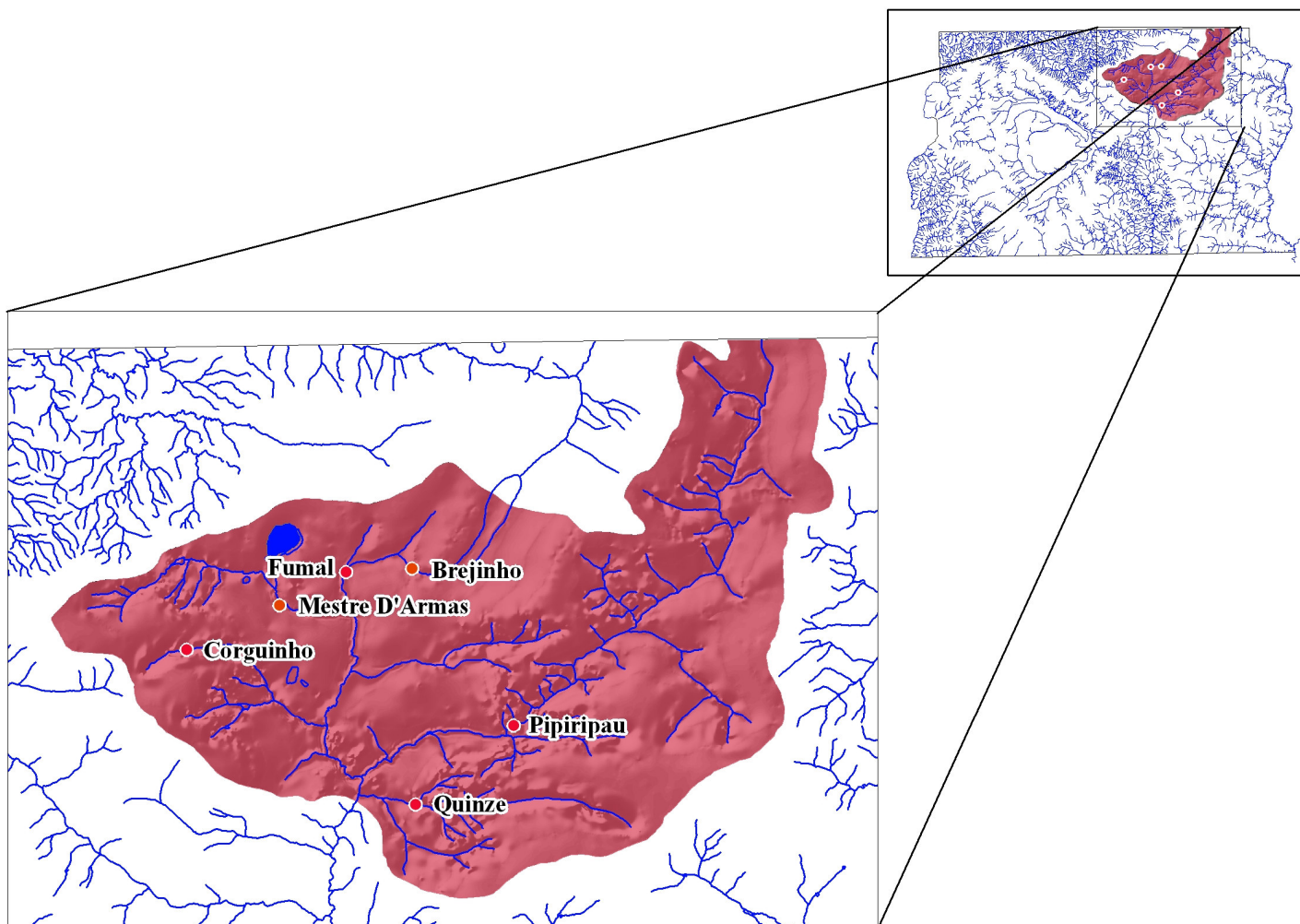


Figura 1 – Mapa de localização da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, com individualização das sub-microbacias das captações.

uma chuvosa e quente, uma que se inicia no mês de outubro e termina em abril e outra, fria e seca, que se estende de maio a setembro (Martins, 1998).

As precipitações variam entre 1.500 e 2.000 mm anuais, sendo a média em torno de 1.600 mm, alcançando em janeiro o seu maior índice pluviométrico (320 mm/mês) e durante os meses de junho, julho e agosto, chegando à média mensal total da ordem de 50 mm (Embrapa, 1978).

A umidade relativa do ar cai de valores superiores a 70% no início da seca, para menos de 20% no final do período.

O regime térmico médio é do tipo tropical e oscila entre 19° e 22°C. A temperatura média na região tende a um leve aumento de janeiro a março, decai nos meses de junho e julho, nos quais se registram os menores valores médios de temperatura. As temperaturas absolutas mínimas de até 2° C e máximas de 33° C já foram registradas, respectivamente, no inverno e no início do verão (Baptista, 1998).

2.2.3 – Geologia

O Distrito Federal (DF) está geologicamente localizado no setor oriental da Província Estrutural do Tocantins, mais especificamente na porção centro sul da Faixa de Dobramentos Brasília. Quatro conjuntos litológicos distintos compõem o contexto geológico regional do DF: os Grupos Araxá, Bambuí, Paranoá, Canastra e suas respectivas coberturas de solos residuais ou coluvionares (Freitas-Silva e Campos, 1998).

O Grupo Paranoá ocupa cerca de 65% da área total do DF, sendo possível caracterizar sete unidades litoestratigráficas correlacionáveis, da base para o topo, com as seqüências deposicionais Q2, S, A, R3, Q3, R4 e PC (Campos, 2004 e Martins, 1998):

- Unidade Q2: caracterizada por quartzitos médios com leitos conglomeráticos em direção ao topo do pacote sedimentar;
- Unidade S: composta basicamente por metassiltitos maciços e metarritmitos arenosos próximos ao topo da seqüência;
- Unidade A: fácies Ardósia é constituída de ardósias roxas e vermelhas, com bandas brancas;
- Unidade R3: metarritimitos caracterizados por intercalações irregulares de quartzitos finos, brancos e laminados com camadas de metassiltitos, metalamitos e metassiltitos argilosos;
- Unidade Q3: composta por quartzitos finos a médios, brancos ou rosados, silicificados e intensamente fraturados;

- Unidade R4: metarritmitos argilosos ocorrem sobrepondo a unidade Q3. Esses são constituídos por intercalações regulares de quartzitos e metapelitos, com espessuras bastante regulares da ordem de 1 a 3 cm;

O Grupo Canastra ocupa cerca de 15 % da área total do DF, sendo distribuído pelos vales dos rios São Bartolomeu e Maranhão. O Grupo é constituído por rochas metamórficas de baixo grau, do fácies xisto verde, composto predominantemente por filitos com ocasionais lentes de quartzitos. Esta unidade aflora, continuamente, por mais de 650 quilômetros desde o sudoeste de Minas Gerais até a região sudeste de Goiás, ocorrendo predominantemente na porção centro-norte do Distrito Federal.

O Grupo Canastra é subdividido em três formações: Serra do Landim, Paracatu e Chapada dos Pilões (Freitas-Silva e Dardenne, 1994).

Formação Serra do Landim - Constituída por calcita-dolomita-clorita-sericita filito, em geral apresentando-se ritmicamente bandado (Madalosso e Valle, 1978)

Formação Paracatu - Constituída por filitos (filitos carbonosos e sericita-clorita-quartzo filitos) com intercalações de quartzitos e ocasionalmente mármores, que ocorrem nas imediações da cidade de Paracatu, no estado de Minas Gerais, estendendo-se até o Distrito Federal (Freitas-Silva e Dardenne, 1994)

Formação Chapada dos Pilões - Constituída por intercalações decimétricas a decamétricas de quartzo-sericita-clorita filitos e quartzitos variados.

De acordo com a figura 2, a área da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas abrange dois Grupos geológicos, o Canastra e o Paranoá. Nas sub-microbacias do Pipiripau, Quinze e Corguinho há o predomínio de metarritmitos arenosos do Grupo Paranoá. Nas sub-microbacias do Fumal e Brejinho há o predomínio de metarritmitos argilosos, também do Grupo Paranoá. Na porção noroeste da bacia do Fumal há uma pequena ocorrência de litologias psamo-pelitíticas carbonatadas pertencente ao Grupo Canastra. Já na microbacia da captação Mestre D'Armas há uma maior diversidade de rochas: metarritmitos arenosos, metarritmitos argilosos e litologias psamo-pelitíticas carbonatadas relacionadas ao Grupo Paranoá.

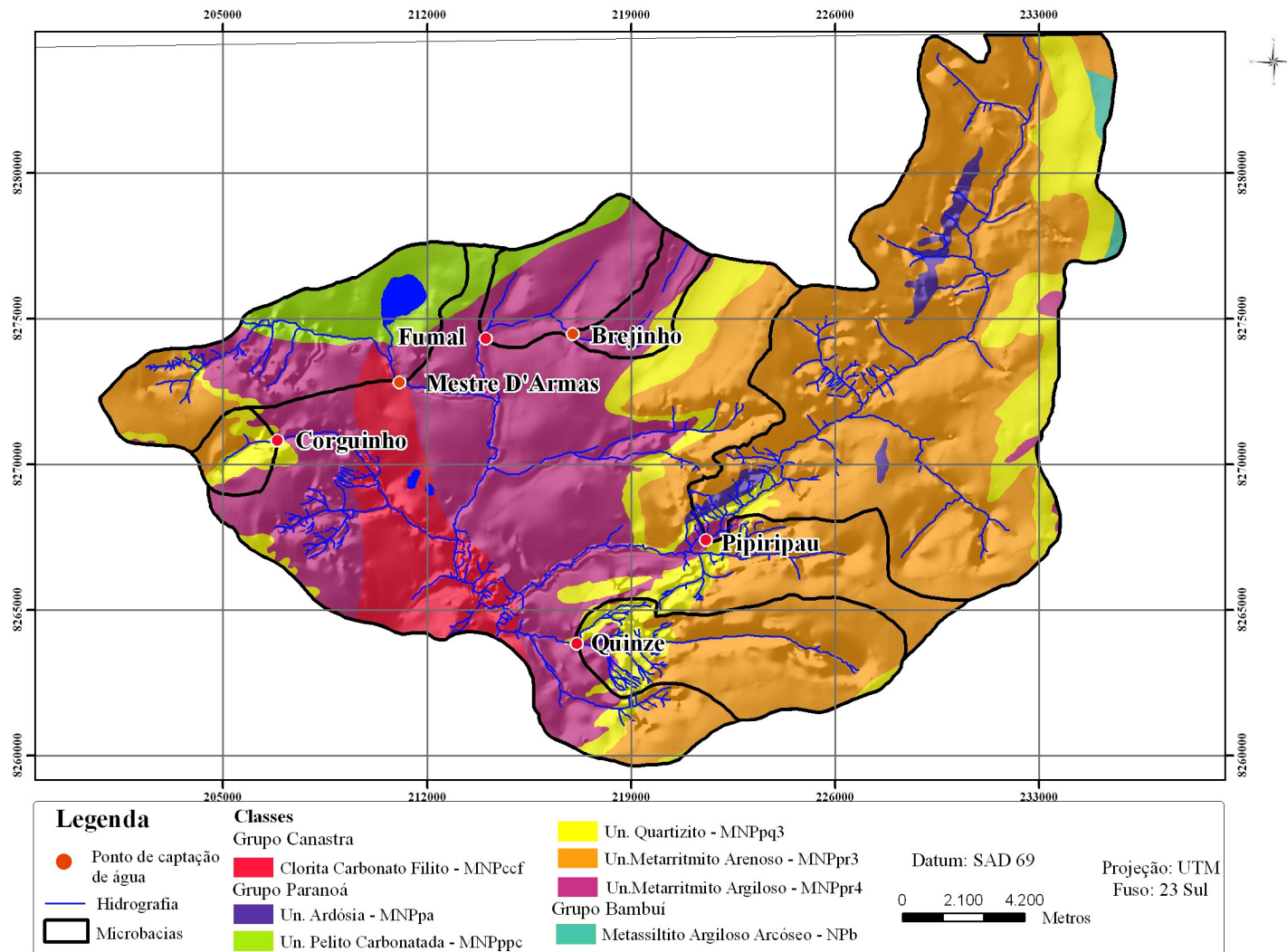


Figura 2 – Mapa de geologia da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas (Freitas-Silva e Campos, 1998).

2.2.4 – Distribuição de Solos

Segundo Embrapa (1978) e confirmado por Martins (1998), o Distrito Federal apresenta três classes de solos mais importantes, o Latossolo Vermelho, o Latossolo Vermelho-Amarelo e o Cambissolo, tendo estas classes de solo uma representatividade territorial de 85,5 %.

Os Latossolos representam 54,5% da área do Distrito Federal. Os Latossolos Vermelhos ocorrem principalmente nos topos das chapadas principais, ao longo dos divisores de drenagens, com topos planos, na depressão do Paranoá e na bacia do rio Preto. Os Latossolos Vermelho-Amarelos ocorrem principalmente nas bordas de chapadas e divisores, em superfícies aplanadas, abaixo dos topos da chapada da Contagem (Martins, 1998).

Segundo Embrapa (1999), a classe Latossolo Vermelho é definida como não hidromórfica, com horizonte A moderado e horizonte B latossólico, rico em sesquióxidos, de textura argilosa ou média. São solos espessos, álicos e fortemente ácidos, pouco férteis, com fraca distinção entre os horizontes. A vegetação associada é geralmente Cerrado e Cerradão.

A cor do horizonte Bw é a principal distinção entre os Latossolos Vermelhos e os Latossolos Vermelho-Amarelos.

A classe dos Cambissolos, que representam 31,0% da área do DF, ocorre preferencialmente nas vertentes das bacias dos rios Maranhão, Descoberto e São Bartolomeu e nas encostas com declividades mais elevadas, na depressão do Paranoá e na bacia do rio Preto (Martins, 2000). É uma classe constituída por solos pouco desenvolvidos, ou seja, possuem horizonte B incipiente, no qual alguns minerais primários e fragmentos líticos estão ainda presentes (Embrapa, 1978).

Para Martins (2000) as demais classes de solos que ocorrem no DF correspondem a 9,0% do total. São representadas por: Argissolos (4,0%), Chernossolos e Nitossolos (0,09%), Neossolos Flúvicos (0,1%), Solos Hidromórficos indiscriminados (4,1%), Neossolos Quartzarênicos e Neossolos Flúvicos (0,5%) e Plintossolos. O restante da área é representado por superfícies aquáticas e áreas urbanas (5,4%).

Para o autor, os Argissolos são típicos na bacia do rio Maranhão associados aos Chernossolos e Nitossolos. Os Neossolos Flúvicos ocorrem em porções restritas dos vales do rio Preto e Maranhão. Os Solos Hidromórficos são importantes ao longo de córregos pequenos e nascentes dos principais rios. A classe Neossolo Quartzarênico é típica do rebordo de chapadas, desenvolvida sobre quartzitos.

Na microbacia do Mestre D'Armas há o predomínio de Latossolos Vermelhos. Ocorrem, sudordinadamente, Latossolos Vermelho-Amarelos, Cambissolos, Neossolos Quartzarênicos, solos hidromórficos e Nitossolos, conforme mostra a figura 3.

2.2.5 – Aptidão Agrícola das Terras

A microbacia do ribeirão Mestre D'Armas apresenta suas terras classificadas em dez classes de aptidão agrícola das terras, de acordo com Ramalho e Beek (1995).

A figura 4 apresenta o mapa de aptidão agrícola das terras da microbacia estudada. Nela, verifica-se a predominância da classe 2 (b)c, onde a aptidão agrícola é regular para lavouras com nível de manejo C e restrita para o nível de manejo B, inapta para o nível de manejo A. No entanto, ocorrem grandes áreas dispersas em toda a microbacia, com terras pertencentes à classe 5 (n), cuja aptidão agrícola é restrita para pastagem natural.

2.2.6 – Bacias Hidrográficas

O Distrito Federal é drenado por cursos d'água pertencentes a três importantes bacias hidrográficas brasileiras, São Francisco, Tocantins/Araguaia e Paraná (Ferrante et al., 2000).

A região hidrográfica do Paraná é de suma importância para o DF, uma vez que ocupa cerca de 62,5% da área total da rede de drenagem e onde estão localizadas as grandes áreas urbanas e as principais captações de água para o abastecimento público. As principais bacias hidrográficas do DF, pertencentes a esta região hidrográfica são: bacia do rio Descoberto, bacia do rio Corumbá, bacia do rio São Marcos e a bacia do rio São Bartolomeu, esta última formada pelos ribeirões Pípiripau, Mestre D'Armas, Sobradinho, Taboca, Papuda, Santana e rio Paranoá. A bacia do rio São Bartolomeu apresenta sua porção Norte inserida na área em estudo.

A figura 5 é apresentada os principais cursos d'água da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas.

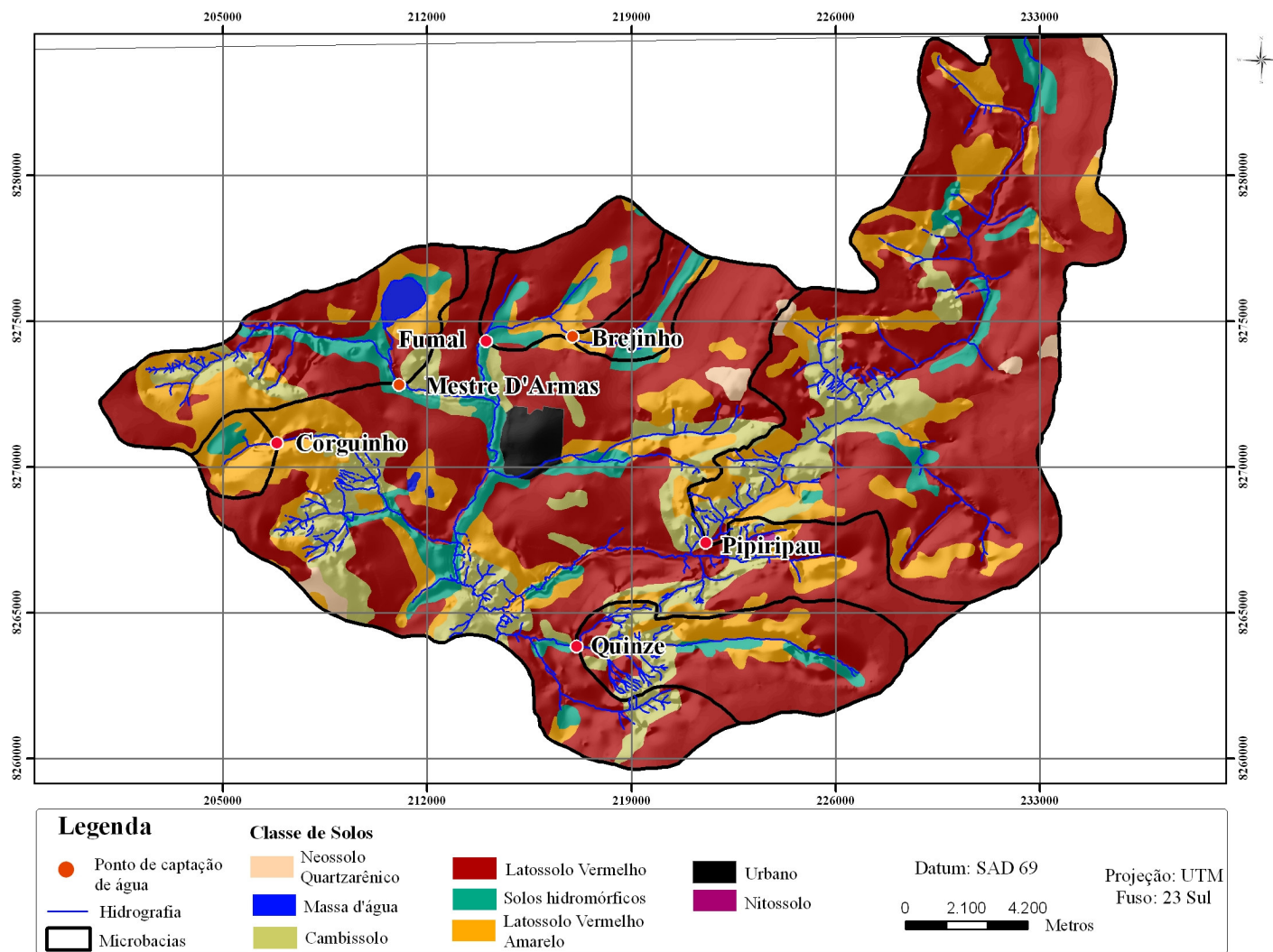


Figura 3 – Mapa de solos da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas (Embrapa, 1978).

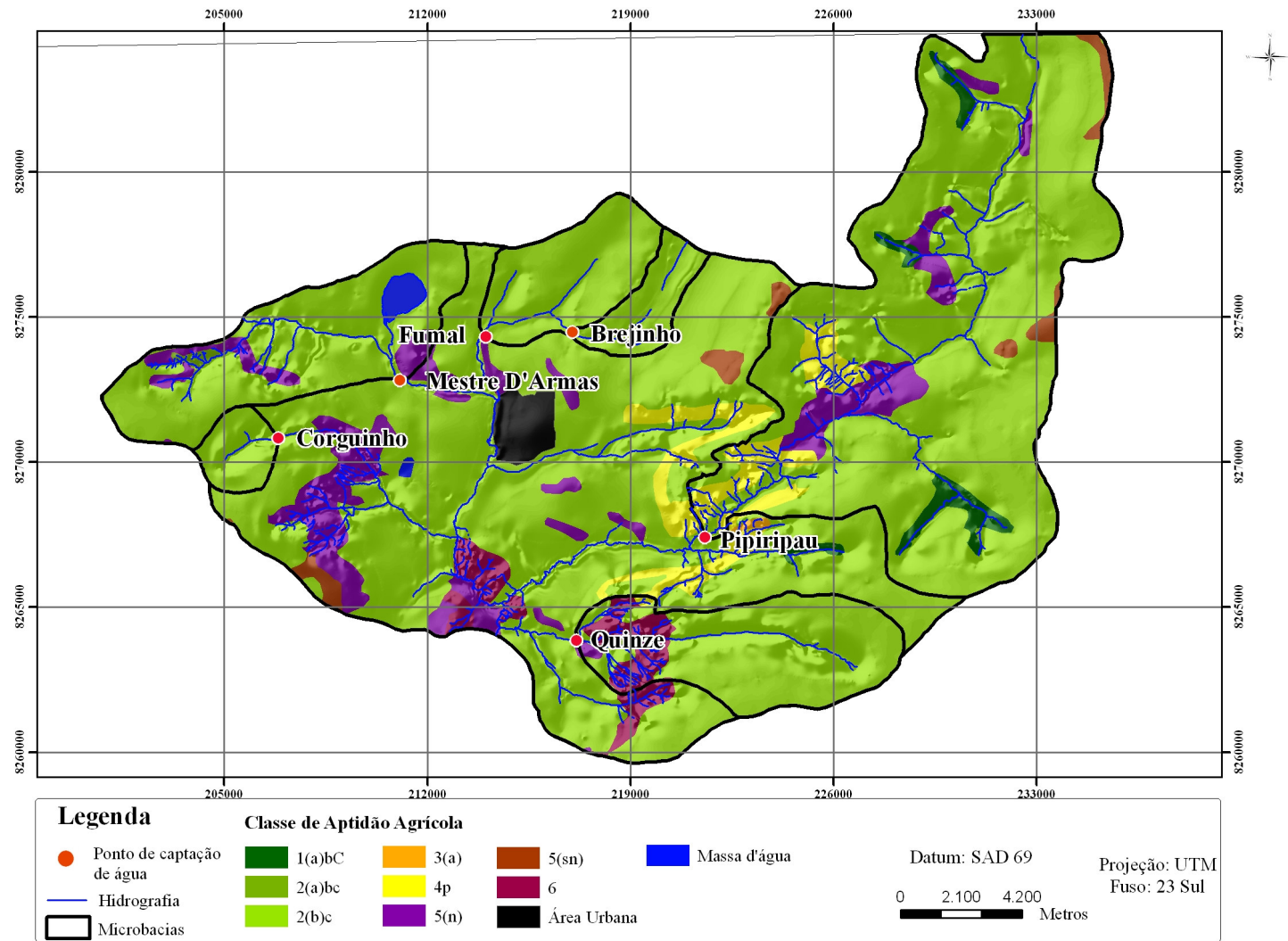


Figura 4 – Mapa de aptidão agrícola das terras da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas (Ramalho e Beek, 1995).

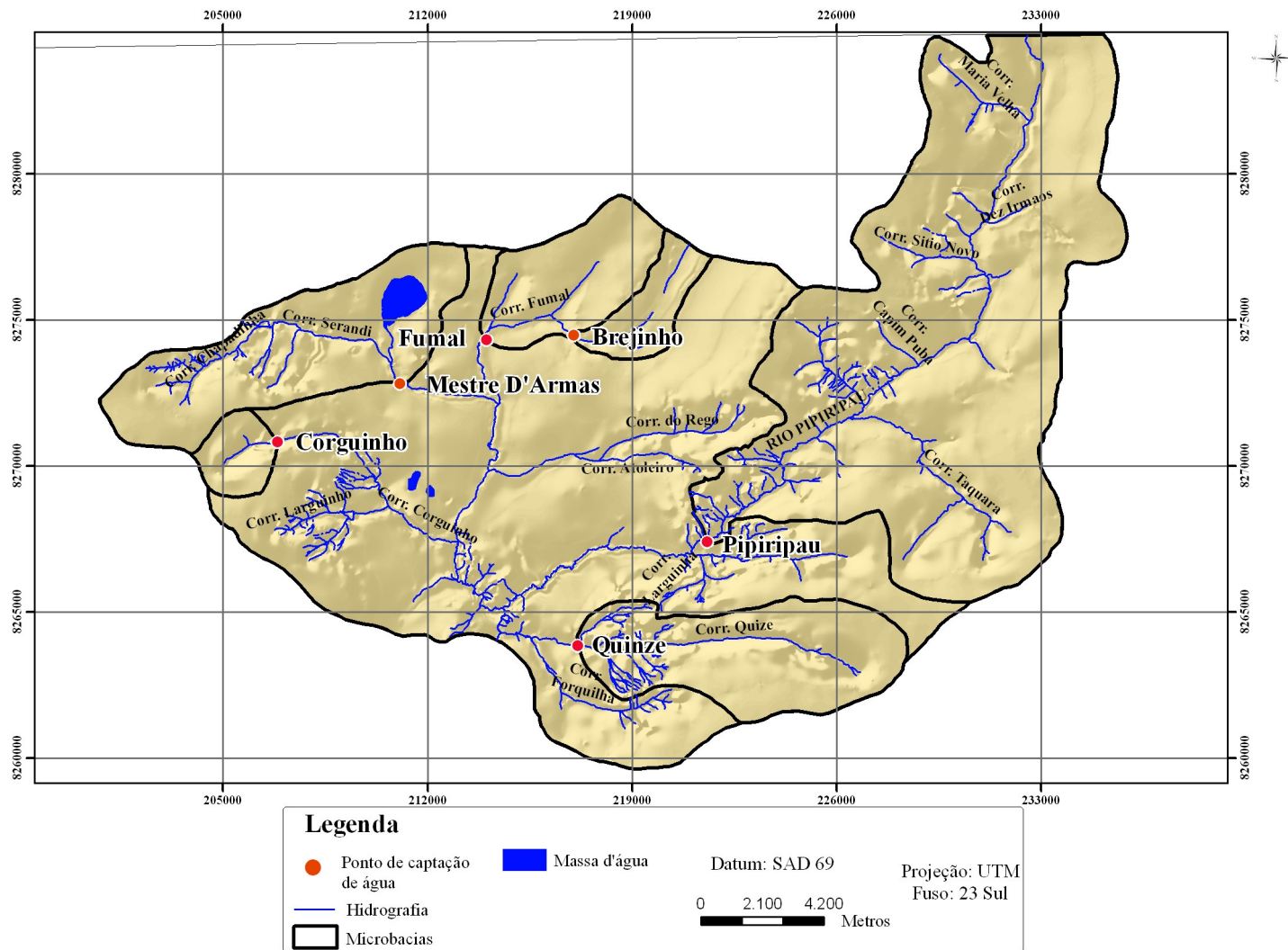


Figura 5 – Mapa de hidrografia da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas (Codeplan/Sicad, 1991).

2.3 – Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas

No estudo da ocupação das terras na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, foi utilizada uma imagem de satélite LANDSAT ETM+, composição colorida em RGB das bandas 3, 4 e 5. Os softwares usados foram o ENVI 4.1 e o ArcGis 9.1.

2.3.1 – Correção Geométrica da Imagem de Satélite

O primeiro processamento realizado foi a correção geométrica da imagem LANDSAT, por meio do software ENVI 4.1, na função registro, utilizando o modelo polinomial de primeiro grau e método de reamostragem do vizinho mais próximo, usando como referência a base cartográfica de hidrografia e rodovias da base do CODEPLAN/SICAD (1991), escala 1:10.000.

2.3.2 – Recorte da Imagem de Satélite

A área da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, bem como as sub-microbacias de estudo, foram delimitadas por meio do software ArcGis 9.1, utilizando como base, curvas de nível e hidrografia extraídos das cartas planialtimétricas do Distrito Federal CODEPLAN/SICAD (1991), em escala 1:10.000. O limite de cada sub-microbacia foi realizado utilizando a localização do ponto de captação.

Com o arquivo vetorial do limite da área do ribeirão Mestre D'Armas, a imagem de satélite LANDSAT foi recortada no software ENVI 4.1, por intermédio de geração e aplicação de máscara. Já o recorte das sub-microbacias foi realizado no software ArcGis 9.1, após a inserção da imagem vetorizada e por meio da função *clip*, cada sub-microbacia foi recortada separadamente.

2.3.3 – Classificação Automatizada da Imagem de Satélite

Inicialmente, para auxiliar na escolha das classes de ocupação das terras, foi realizada uma interpretação visual da imagem, de maneira a identificar os diferentes alvos presentes na microbacia, bem como, para determinar a escala e a legenda do mapeamento de uso e ocupação das terras na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas.

A legenda do mapeamento ou seja, as classes de uso e ocupação das terras foi feita com base em CORINE (1992).

A escala utilizada no mapeamento foi de 1:100.000. As classes definidas de uso e ocupação das terras foram as seguintes:

Massa d'água: constituem os cursos e reservatórios de águas superficiais;

Mata de Galeria: formação arbórea alta e sempre verde, que ocorre ao longo de cursos d'água, as quais podem apresentar larguras variáveis em função das condições do ambiente natural, ou seja, solo, relevo e atividades antrópicas;

Cerrado: fitofisionomias do cerrado de porte alto, o cerrado *sensu stricto*, e as matas mesofíticas e de encosta e vegetação natural de porte médio a baixo constituída por árvores e arbustos tortuosos;

Campo/pastagem: vegetação com predomínio do estrato herbáceo subarbustivo com no máximo 3 m de altura, principalmente espécies gramíneas, podendo ser plantada ou natural;

Reflorestamento: revegetação com predomínio das espécies de eucaliptos e pinus;

Agricultura: culturas de ciclo anual e ou olerícolas como e terrenos com preparo de solo para cultivo;

Agricultura irrigada: culturas de ciclo anual, curto ou longo, com o uso de pivot central para irrigação;

Áreas Urbanas: áreas urbanizadas e estradas com ou/e sem revestimento asfáltico;

Estabelecidas as classes de ocupação das terras na área de estudo, foi iniciado o processo de classificação automática das imagens de satélite utilizando a composição colorida com as bandas 3, 4 e 5 em RGB.

Utilizou-se a classificação supervisionada, ou seja, aquela que usa algoritmos cujo reconhecimento dos padrões espectrais se faz com base em amostras, fornecidas pelo analista ao sistema (Moreira, 2003).

Optou-se no estudo, pelo algoritmo Máxima Verossimilhança (MAXVER), que assume que um vetor de observação pertence à classe correspondente, se a probabilidade que associa este *pixel* à classe for maior que a probabilidade que associa o *pixel* a qualquer outra classe.

As amostras das classes previamente estabelecidas foram obtidas por meio do *software* ENVI 4.1, na função região de interesse (roi), com amostras de 800 a 1000 *pixels* para cada uma das classes.

Estabelecidas as regiões de interesse, iniciou-se o processo de classificação da imagem LANDSAT, por meio da função classificação/supervisionada/MAXVER.

Utilizando a função classificação/pós-classificação/*clump*, o problema de “*pixels* isolados” foi minimizado. O *clump* tem a função de aglutinar os *pixels* classificados.

2.3.4 – Edição e Vetorização da Imagem Classificada e Geração do Mapa de Uso e Ocupação das Terras

Após a classificação da imagem LANDSAT, foram realizadas campanhas de campo para a verificação da legenda preliminar adotada. Utilizando os dados de campo, foi realizado o processo de edição da classificação, por meio da extensão do *software* ENVI 4.1 *ClassEdit*, que permitiu a retirada de pontos discordantes e a eliminação de pontos menores do que a unidade mínima mapeável.

Concluído o processo de classificação, a imagem foi vetorizada no ENVI 4.1 e implementada no ArcGis 9.1. Por meio da extensão XTools/cálculo de área foi realizado o cálculo das áreas de cada classe de ocupação na microbacia do ribeirão mestre D'Armas e nas sub-microbacias e em seguida a elaboração dos mapas de ocupação das terras nas sub-microbacias em estudo no ano de 2003, que corresponde ao ano da imagem de satélite utilizada.

2.4 – Qualidade de Água

O estudo da qualidade da água, na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas, foi realizado por meio da avaliação dos dados relativos ao monitoramento das características físicas, químicas e biológicas da água das seis captações para abastecimento público da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB, localizadas na área.

A aquisição desses dados foi obtida por meio da solicitação formal junto à CAESB, empresa responsável pelo abastecimento público de água e coleta de esgoto no DF.

Optou-se por utilizar os dados da CAESB por serem dados oficiais e que possibilitou o estudo de uma série temporal de dez anos (1996-2005).

2.4.1 – Seleção dos Parâmetros

A CAESB disponibilizou os resultados das análises físicas, químicas e biológicas dos seis pontos de captação de água, dos anos de 1996 a julho de 2005, e seus respectivos índices de qualidade de água.

Cada ponto de captação possui um monitoramento periódico que compreende análises físicas, químicas e biológicas da água. Os parâmetros utilizados neste trabalho foram selecionados em função da importância no estudo ambiental e que pudessem servir de indicadores para possíveis alterações no meio ambiente, decorrentes do tipo de ocupação das terras nas sub-microbacias em estudo.

Além disso, procurou-se trabalhar com parâmetros que possuíssem a série histórica completa. A CAESB analisa periodicamente 25 parâmetros de qualidade de água, porém nem todos possuem uma série histórica completa. Alguns passaram a ser monitorados apenas após a mudança na legislação como é o caso do nitrato, sulfato, entre outros.

Dessa forma, selecionou-se 8 (oito) parâmetros de qualidade de água, incluindo o Índice de Qualidade da Água. A turbidez foi o parâmetro físico selecionado. Os parâmetros químicos foram a amônia, o cloreto, a condutividade, o pH, a demanda química de oxigênio e coliformes fecais para o parâmetro biológico.

Além dos dados de monitoramento da qualidade da água nesses pontos de captação, foi solicitado à CAESB os dados referentes ao volume de chuva mensal precipitado entre os anos de 1996 a julho de 2005, registrados na estação pluviométrica denominado de “Contagem”, localizado na microbacia do ribeirão Mestre D’Armas. As informações acerca da precipitação, registradas nessa estação pluviométrica foram utilizadas no estudo nas seis captações avaliadas.

2.4.2 – Estrutura do Banco de Dados

O banco de dados contemplando os parâmetros de qualidade de água selecionados e os dados referentes à precipitação, foi primeiramente estruturado no *software Excel*.

Cada captação possui uma frequência de análise mensal variada e da mesma forma há também uma variação no número de análises, também, por ano. Dessa maneira padronizou-se o estudo por meio do cálculo das médias aritméticas simples mensais dos resultados das análises de cada parâmetro, para cada captação.

2.4.3 – Tratamento dos Dados

Para a identificação e padronização da qualidade da água, utilizou-se o IQA. Este constitui uma ferramenta prática, de comunicação eficiente, obtida por meio da indexação das informações de diversos parâmetros ou variáveis analisadas.

Por meio da avaliação dos dados referentes ao Índice de Qualidade da Água, utilizado pela CAESB, calculado por meio de uma equação empírica aritmética simples, que utiliza os seguintes parâmetros e seus respectivos pesos: coliformes fecais (0,2), turbidez (0,15), cor (0,1), amônia (0,15), ferro (0,15), cloreto (0,1), pH (0,05) e demanda química de oxigênio - DQO (0,1), verificou-se que havia pouca variação ao longo dos dez anos, em cada captação em estudo.

Além disso, a série histórica completa compreendida entre o ano 1996 e julho de 2005, foi primeiramente avaliada expeditamente. Verificou-se que a avaliação de toda a série histórica seria dificultada em função do enorme volume de dados e para uma melhor visualização e tratamento dos dados, optou-se por reduzir a série histórica para quatro anos, dentro do intervalo inicial.

Dessa forma, optou-se por trabalhar com anos que possibilitassem representar corretamente a série histórica, compreendida entre os anos 1996 a julho de 2005. Assim, selecionou-se o ano 1996, que representa o dado mais remoto; o ano 2000 que representa dados intermediários da série histórica; 2003, pois a imagem LANDSAT utilizada no estudo corresponde a esse ano e 2005 por ser o dado mais recente.

Após a estruturação do banco de dados, com os dados dos 4 (quatro) anos em estudo (1996, 2000, 2003 e 2005) e nos seis pontos de captação, a série histórica foi avaliada de forma a identificar os dados inexistentes. Verificou-se que nos anos de 1996 e 2000 faltavam poucos dados mensais. O mesmo não ocorreu nos anos 2003 e 2005, onde o monitoramento da qualidade da água passou a ser, na maioria das captações, bimestral.

Após a identificação dos dados inexistentes, passou-se para a etapa de preenchimento desses dados. Quando o dado inexistente situava-se entre dois dados existentes, por exemplo, entre o mês de janeiro e março, para o mês de fevereiro, calculava-se a média aritmética resultante dos respectivos meses e atribuía-se ao mês de fevereiro a média calculada.

Após a conclusão desse procedimento, que foi realizado com os sete parâmetros de qualidade e o Índice de Qualidade de Água, nos quatro anos e nas seis captações, o banco de dados estruturado primeiramente no *software Excel*, foi então inserido no *software* estatístico SPSS 14.0.

O segundo tratamento dos dados envolveu o preenchimento dos dados inexistentes que não estavam compreendidos entre dois dados existentes, ou seja, entre as médias de dois meses. O dado inexistente foi então preenchido com a média aritmética calculada da série histórica dos quatro anos em estudo, de cada parâmetro e em cada captação, por meio da função *Transform/replace missing values*.

Em seguida foi realizada por meio da função *Data/identify unusual case* a identificação e substituição de dados *outliners*. Esse procedimento foi adotado, porque na avaliação dos dados observou-se que havia dados discrepantes. Como os dados utilizados no estudo são dados secundários, não foi possível identificar a origem dessa diferença, ou saber se esses dados representavam a realidade observada ou se foram gerados por erros de coleta, digitação, ou análise. Dessa forma, por meio da utilização dessa função, foi possível identificar os

possíveis valores discrepantes e retirá-los da análise, a fim de não mascarar os resultados. Os dados discrepantes foram substituídos pela média histórica de cada parâmetro em estudo.

Para cada captação, utilizando os dados dos anos de 1996, 2000, 2003 e 2005 em conjunto, foi elaborada uma matriz de correlação de todos os parâmetros por meio da função *Analyse/correlate/bivariate*.

Os valores médios de cada parâmetro e em cada ponto de captação, foi calculado por meio do *software* SPSS 14.0. Foi realizado também o Teste de Comparação de Médias de Tukey a 1 e 5 % de probabilidade, com as médias históricas de cada captação, no *software* SPSS 14.0, por meio da função *Compare means/One way ANOVA*.

Por fim, para cada captação foi elaborada uma tabela de correlações entre os parâmetros de qualidade de água utilizados no estudo e também de precipitação. Foi utilizado o *software* SPSS 14.0 e por meio da função *Analyse/correlate/bivariate* as tabelas foram geradas, apresentando os valores de significância de 1 e 5%.

III – RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 – Uso e ocupação das terras na microbacia do ribeirão Mestre D’Armas

O mapa de uso e ocupação das terras, gerado por meio da classificação supervisionada da imagem LANDSAT, da microbacia do ribeirão Mestre D’Armas encontra-se apresentado na figura 6.

A microbacia do ribeirão Mestre D’Armas possui 46.144,98 ha de área e apresenta ocupação das terras diversificada, com destaque para áreas agrícolas, áreas urbanas e áreas com a preservação da vegetação nativa. A localização das captações de água da CAESB estudada, bem como a delimitação de cada sub-microbacia correspondente a cada captação, estão também mostradas na figura 6.

De acordo com a figura 6, as áreas de reflorestamento e agricultura irrigada são pequenas em relação às áreas das demais classes de ocupação. As áreas de preservação da vegetação nativa estão concentradas na Estação Ecológica de Águas Emendadas. Já as áreas urbanas predominam na porção central da microbacia, estando concentradas nas margens do ribeirão Mestre D’Armas, correspondente à cidade de Planaltina.

Dentre as classes de uso e ocupação das terras encontradas nessa microbacia, há o predomínio da agricultura anual ocupando 56,44 % da área, ou seja, 26.042,88 ha, conforme a tabela 1. As áreas de campo/pastagem ocupam 16,04 % da área, perfazendo 7.403,20 ha. Já as áreas urbanas abrangem 11,15% da área total.

Tabela 1 – Quantificação das áreas classificadas de uso e ocupação das terras na microbacia do ribeirão Mestre D’Armas.

Uso e ocupação das terras	Área (ha)	%
Mata de Galeria	2203,19	4,77
Cerrado	5000,97	10,84
Campo/pastagem	7403,20	16,04
Agricultura	26042,88	56,44
Reflorestamento	107,83	0,23
Área Urbana	5144,58	11,15
Massa d’água	193,06	0,42
Agricultura Irrigada	49,27	0,11
Total	46144,98	100,00

Na figura 6, observa-se que dentre as sub-microbacias em estudo, as maiores áreas ocupadas com cerrado e campo/pastagem estão localizadas nas sub-microbacias das captações localizadas na Estação Ecológica de Águas Emendadas, ou seja, Fumal e Brejinho e na sub-microbacia da captação Corguinho, também considerada uma área de preservação ambiental por estar inserida em uma Área de Proteção de Manancial, ainda bem preservada.

Verifica-se, também, que as sub-microbacias das captações Pipiripau, Quinze e Mestre D’Armas possuem predomínio de uso antrópico, ou seja, ocupação urbana e/ou agrícola.

Essas observações corroboram o agrupamento realizado nas sub-microbacias de acordo com o tipo de ocupação, sendo as com uso antrópico, denominadas de Áreas Agrícolas e Urbanas e sub-microbacias com predominância de vegetação nativa, cujo agrupamento foi apenas denominado de Áreas de Proteção Ambiental, que visando a uniformização do estudo em relação ao uso e ocupação das terras.

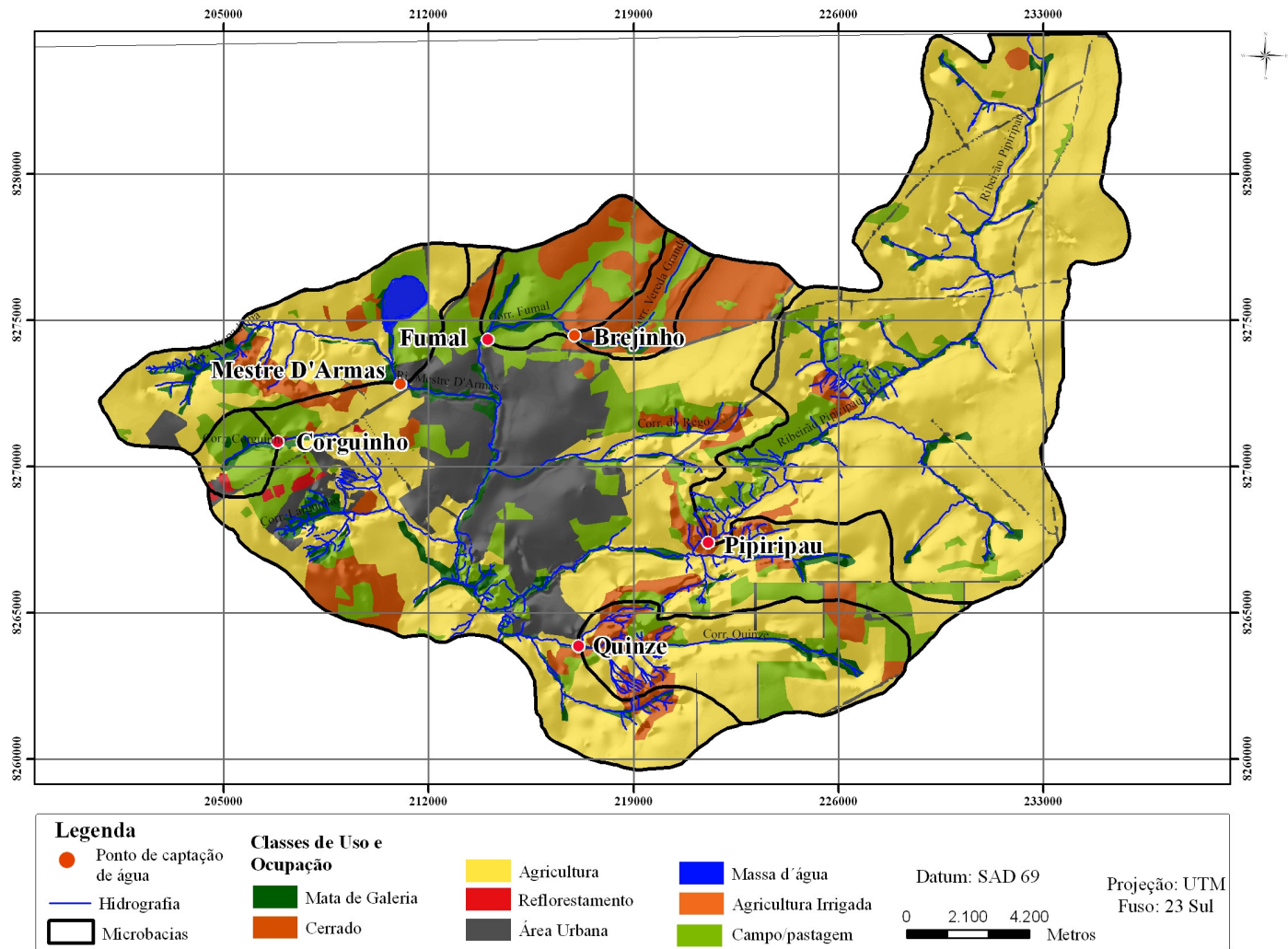


Figura 6 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas.

3.1.1 – Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

As sub-microbacias das captações dos córregos Brejinho e Fumal estão inseridas na Estação Ecológica de Águas Emendadas, e a captação Corguinho, localiza-se numa Área de Proteção de Manancial, com a vegetação nativa ainda bem preservada.

3.1.1.1 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Córrego Brejinho

O mapa elaborado de classificação do uso das terras, da sub-microbacia da captação do córrego Brejinho encontra-se na figura 7.

Observa-se que a sub-microbacia, que compreende a captação do córrego Brejinho, é recoberta em sua maioria pela vegetação do tipo cerrado, seguida de áreas de campo nativo. Apesar de grande parte da sub-microbacia estar inserida na Estação Ecológica de Águas Emendadas, uma pequena porção engloba uma área de agricultura e uma pequena área urbana, localizada ao longo da rodovia federal BR-010, que passa nos arredores da Estação Ecológica.

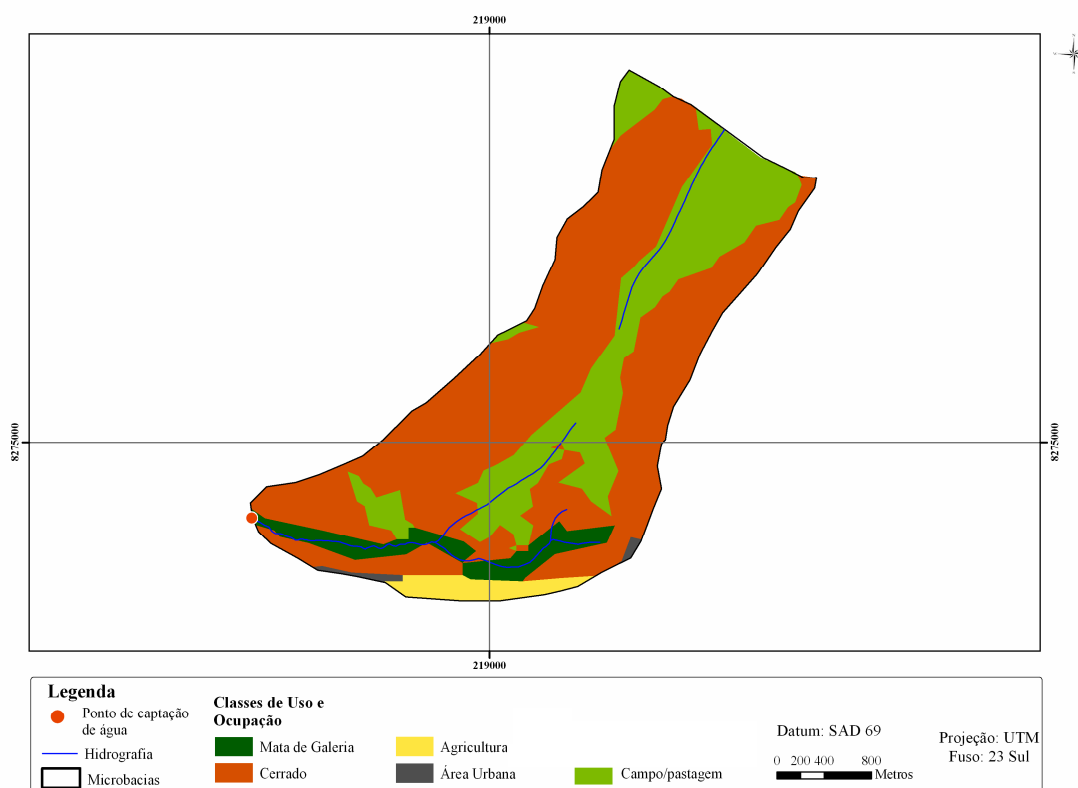


Figura 7 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Brejinho.

A quantificação das áreas de cada classe de usos e ocupação das terras é apresentada na tabela 2. A microbacia possui uma área de 850,03 ha, sendo que 549,60 ha, ou seja, 64,66% encontra-se com cobertura da vegetação do tipo cerrado. Essa vegetação é caracterizada por árvores espaçadas e de baixo porte, com troncos e galhos de caule grossos e retorcidos (Eiten, 1993).

Apesar de grande parte da microbacia estar inserida numa Área de Proteção Ambiental, verificou-se que 2,97 % da microbacia destina-se a uso agrícola e apenas 0,55% à área urbana.

Tabela 2 – Quantificação das áreas classificadas de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Brejinho.

Uso e Ocupação das Terras	Área (ha)	%
Mata de Galeria	48,64	5,72
Cerrado	549,60	64,66
Campo	221,88	26,10
Agricultura	25,23	2,97
Área Urbana	4,67	0,55
Total	850,03	100,00

De acordo com a figura 8, ambas as margens da captação Brejinho encontram-se bem preservadas.



Figura 8 – Registro fotográfico da vegetação nativa próximo à captação do córrego Brejinho (Bilich, M. R., 01/09/2006).

3.1.1.2 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Córrego Fumal

De acordo com o mapa gerado de classificação do uso e ocupação das terras da sub-microbacia da captação do córrego Fumal, aproximadamente metade da área encontra-se coberta por vegetação tipo do cerrado (49,11%). Uma pequena porção da sub-microbacia, 0,59% da área, abrange uma área urbana, também disposta nas proximidades da rodovia BR-010. (Figura 9 e Tabela 3).

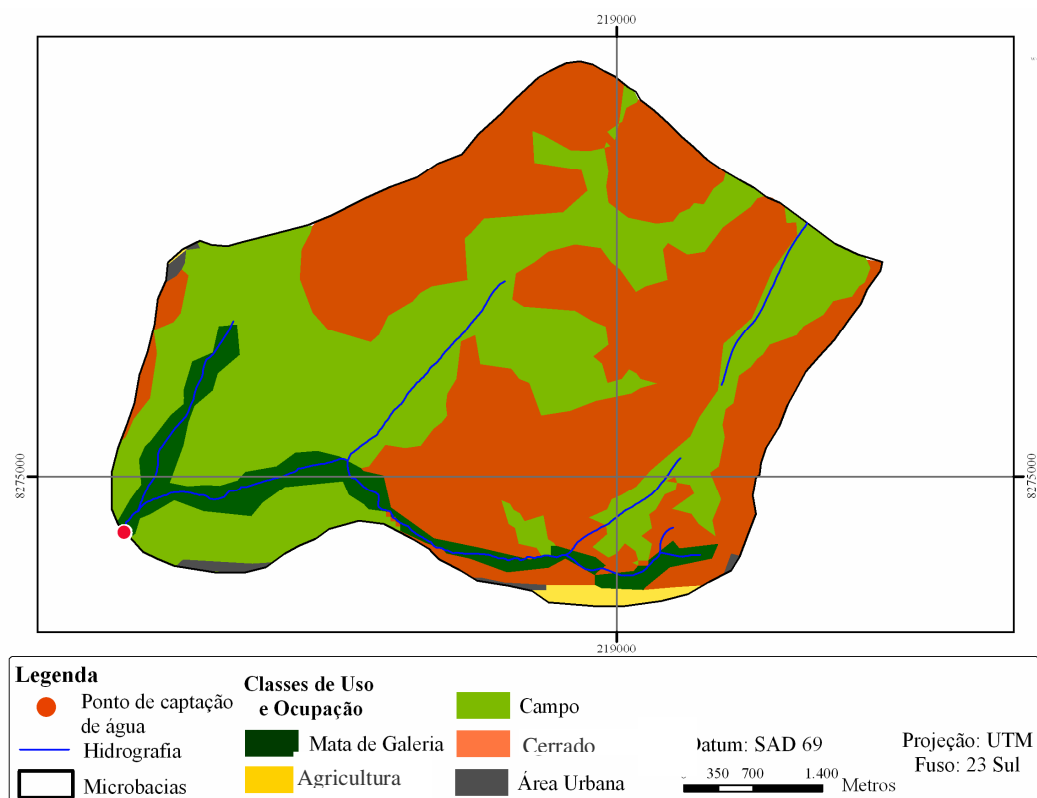


Figura 9 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Fumal.

Diferentemente da sub-microbacia do Brejinho, a área coberta da vegetação tipo campo, na sub-microbacia do córrego Fumal representa 42,72% da sua área total (Tabela 3), praticamente correspondente à área coberta por cerrado.

Tabela 3 – Quantificação das áreas classificadas de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Fumal.

Uso e ocupação das terras	Área (ha)	%
Mata de Galeria	187,22	6,66
Cerrado	1379,67	49,11
Campo	1199,99	42,72
Agricultura	25,88	0,92
Área Urbana	16,53	0,59
Total	2809,28	100,00

A vegetação nativa ao redor dessa captação foi parcialmente retirada devido a motivos desconhecidos e está sendo, atualmente, recuperada, conforme pode ser observado na figura 10 .



Figura 10 – Registro fotográfico da retirada de vegetação nativa próxima à captação do córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).

A figura 11 mostra o local onde foram encontrados vestígios da presença desses animais. E na figura 12 está destacado a pegada de um bovino encontrada na área na margem do reservatório da captação do córrego Fumal.

Esta captação, apresenta uma característica particular em relação à captação Brejinho, pois nos seus arredores, além dos animais silvestres (Figura 13) pode se verificar a presença de animais domésticos, como bovinos, com acesso direto à água do reservatório da captação (Figura 12), em desobediência às normas ambientais da Estação Ecológica de Águas Emendadas.

Além da presença de bovinos e outros animais domésticos, famílias estão vivendo dentro da área da reserva ambiental, cujas moradias localizam-se muito próximas ao local de captação de água do córrego Fumal (Figura 14). Algumas dessas famílias residiam na área antes da criação da Estação Ecológica, e após a desapropriação dos terrenos, localizados na área da Estação, as famílias ainda aguardam uma decisão judicial para retirá-los da área e assentá-los em outros locais.



Figura 11 – Registro fotográfico do local de acesso direto dos animais domésticos (bovinos) ao reservatório da captação Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).



Figura 12 – Registro fotográfico de evidência da presença de bovinos próximo à captação do córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).

Não apenas vestígios de animais domésticos, mas também de animais silvestres foram encontrados. Na figura 13 está destacado a pegada de um veado. Vestígios de capivaras também foram encontrados. Isso pode indicar a manutenção e preservação da fauna local.



Figura 13 – Registro fotográfico de evidência da presença de animais silvestres próximo à captação córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).



Figura 14 – Moradias localizadas próximas ao reservatório da captação do córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).

Na área onde residem as famílias, verifica-se o acúmulo de lixo de toda espécie, incluindo sacos plásticos, latas e pneus, expostos e distribuídos por todo lado, diretamente depositados no solo (Figuras 14, 15 e 16), além da criação de animais domésticos e desenvolvimento de pequenas culturas agrícolas de subsistência, (Figura 17) de maneira irregular, sem qualquer medida de conservação do solo e da água. Dessa forma, todos esses fatores podem contribuir para alguma alteração na qualidade da água.



Figura 15 – Registro fotográfico de lixo depositado no solo dos arredores do reservatório da captação do córrego Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).



Figura 16 – Registro fotográfico de lixo depositado no solo e pequena área para criação de aves nos arredores do reservatório da captação Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).



Figura 17 – Registro fotográfico pequeno plantio de abacaxi do reservatório da captação Fumal (Bilich, M. R., 01/09/2006).

3.1.1.3 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Córrego Captação Corguinho

A sub-microbacia da captação do córrego Corguinho apresenta cobertura vegetal essencialmente constituída por Campo nativo, como pode ser visualizado no mapa gerado de classificação do uso e ocupação das terras dessa sub-microbacia (Figura 18). A Mata de Galeria que acompanha o curso d'água encontra-se ainda bem preservada. Há, também, pequenas áreas de reflorestamento e urbanização. Apesar da área urbana ter 29,98 ha, corresponde a apenas 4,86% da área total da bacia, em sua maioria rodovias pavimentadas e áreas com solo desnudo, conforme mostram os dados da tabela 4.

Tabela 4 – Quantificação das áreas de uso das terras na sub-microbacia da captação do Corguinho.

Uso e Ocupação das Terras	Área (ha)	%
Mata de Galeria	55,73	9,03
Campo	424,20	68,77
Agricultura	81,43	13,20
Reflorestamento	25,53	4,14
Área Urbana	29,98	4,86
Total	616,87	100,00

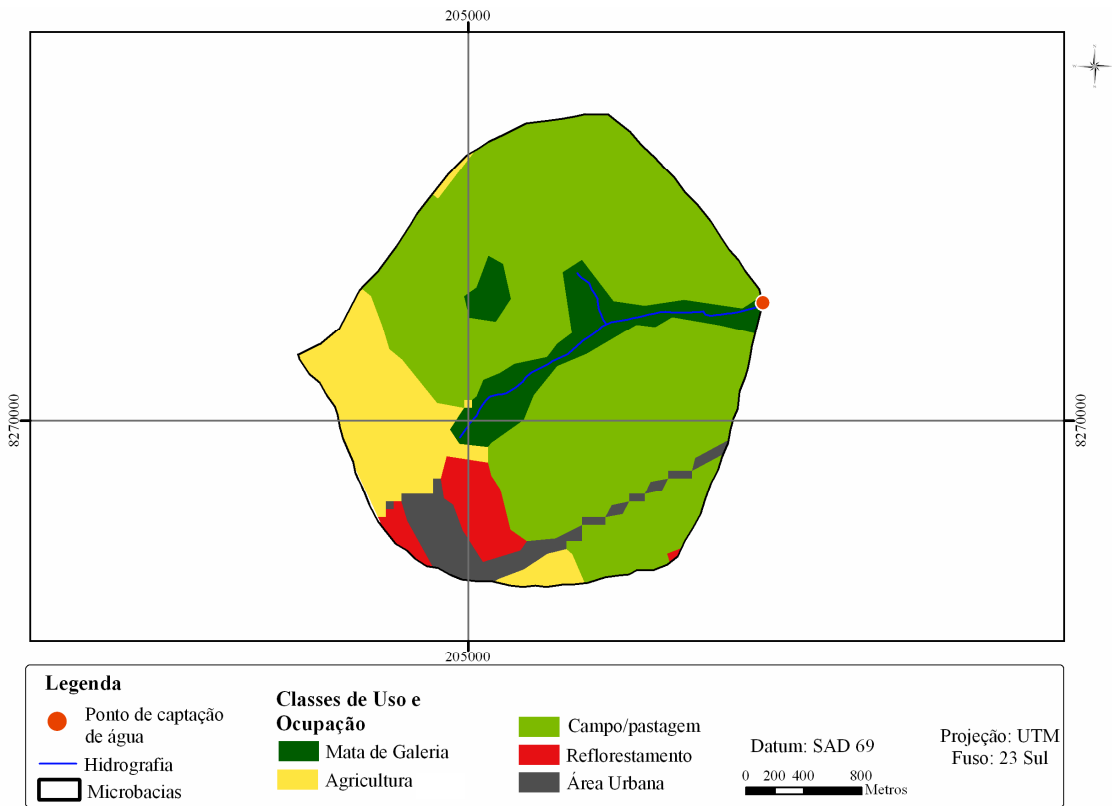


Figura 18 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Corguinho.

A figura 19 mostra a mata de galeria que acompanha o córrego Corguinho, que se encontra bem preservada e representa 9,03% da área.

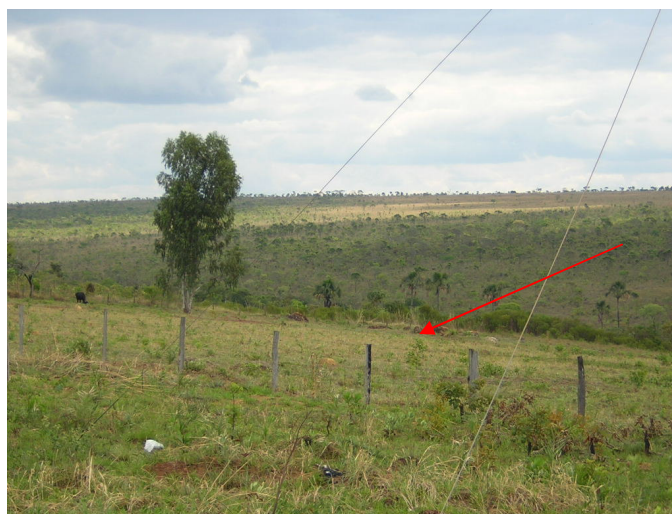


Figura 19 – Mata de Galeria preservada, presença também de pastagem plantada e campo nativo (Bilich, M. R., 30/09/2006).

Em função da declividade mais acentuada e do tipo de solo, Latossolo Vermelho Amarelo, na maior parte da área, a vegetação predominante é do tipo Campo, com associação de Cerrado, que abrange 68,8% da área, conforme mostra a figura 19.

3.1.2 – Áreas Agrícolas e Urbanas – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pipiripau e Mestre D’Armas

As sub-microbacias das captações Pipiripau, Quinze e Mestre D’Armas possuem ocupação das terras essencialmente antrópica, seja ela urbana ou agrícola, representando mais de 60% da área.

3.1.2.1 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Ribeirão Pipiripau

A sub-microbacia da captação do ribeirão Pipiripau é essencialmente de uso agrícola, onde 84,6% da área (Tabela 5), são de culturas anuais e também horticultura, conforme mostra o mapa de classificação de uso e ocupação das terras da sub-microbacia da captação do ribeirão Pipiripau (Figura 20). É a maior sub-microbacia em estudo e compreende uma área de 15714,75 ha. Tal como mostra a figura 20, as áreas correspondentes à utilização urbana referem-se, principalmente, às rodovias pavimentadas, que correspondem a 2,11% da área (Tabela 5).

Tabela 5 – Quantificação das áreas de uso das terras na sub-microbacia da captação do ribeirão Pipiripau.

Uso e Ocupação das terras	Área (ha)	%
Mata de Galeria	545,6	3,5
Cerrado	205,9	1,3
Campo/pastagem	1.282,2	8,2
Agricultura	13.300,6	84,6
Área Urbana	331,3	2,1
Agricultura Irrigada	49,3	0,3
Total	15.714,7	100,0

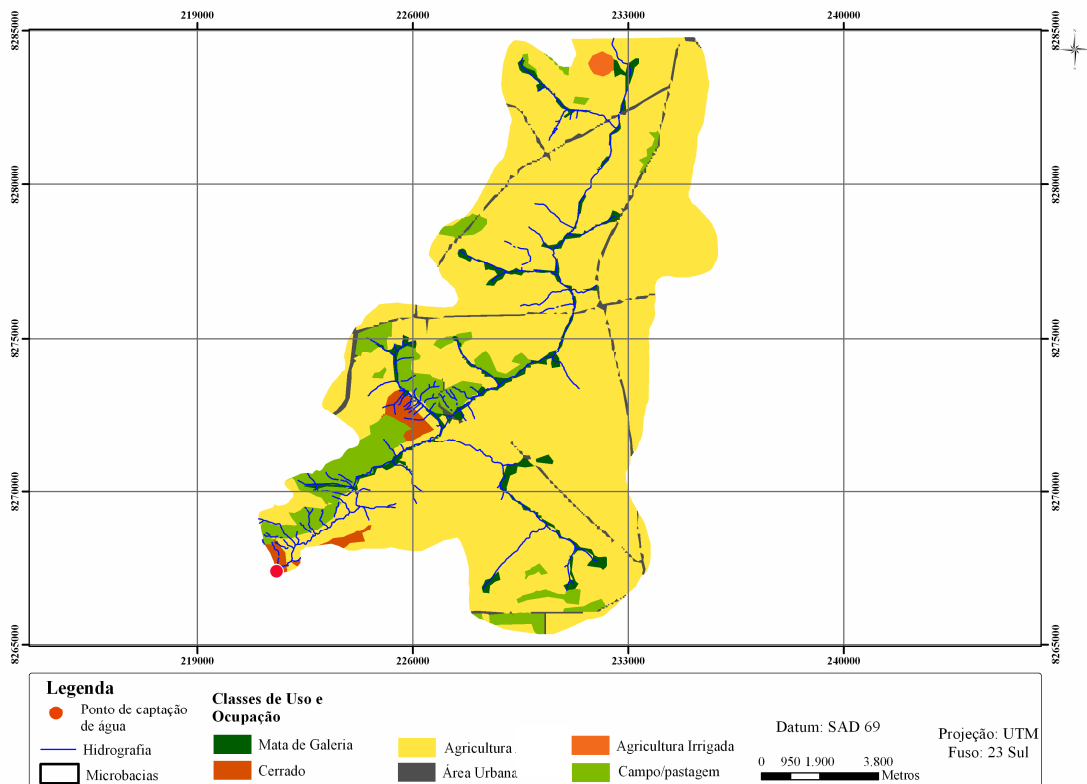


Figura 20 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do rio Pipiripau.

As áreas de campo/pastagem recobrem 8,16% da área total, da sub-microbacia em pauta. Apenas 1,3% da área é coberta com vegetação do tipo cerrado (Tabela 5).

Identificou-se, também, uma área de agricultura irrigada, que possui 49,3 ha, perfazendo apenas 0,3% da área total da sub-microbacia do ribeirão Pipiripau (Tabela 5).

As áreas cobertas com mata de galeria perfazem apenas 3,5% da área. Conforme pode ser visto na figura 21, parte da mata de galeria do ribeirão Pipiripau foi retirada.



Figura 21 – Mata de galeria parcialmente retirada nas margens do ribeirão Pipiripau (Bilich, M. R., 30/09/2006).

Na figura 22 é possível observar o desenvolvimento de horticultura na sub-microbacia do ribeirão Pipiripau, atividade essa também desenvolvida em estufas. Nas campanhas de campo verificou-se que muitas das áreas onde são desenvolvidas as atividades de horticultura encontram-se próximas principalmente das drenagens.



Figura 22 – Registro fotográfico da área próxima à captação do ribeirão Pipiripau, com o desenvolvimento de horticultura (Bilich, M. R., 01/09/2006).

3.1.2.2 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Córrego Quinze

Como pode ser visualizado no mapa gerado de classificação de uso e ocupação das terras da sub-microbacia (Figura 23), esta sub-microbacia apresenta atividades agrícolas na maior parte da sua área, tanto agricultura anual, quanto pecuária, correspondente às áreas classificadas como campo/pastagem.

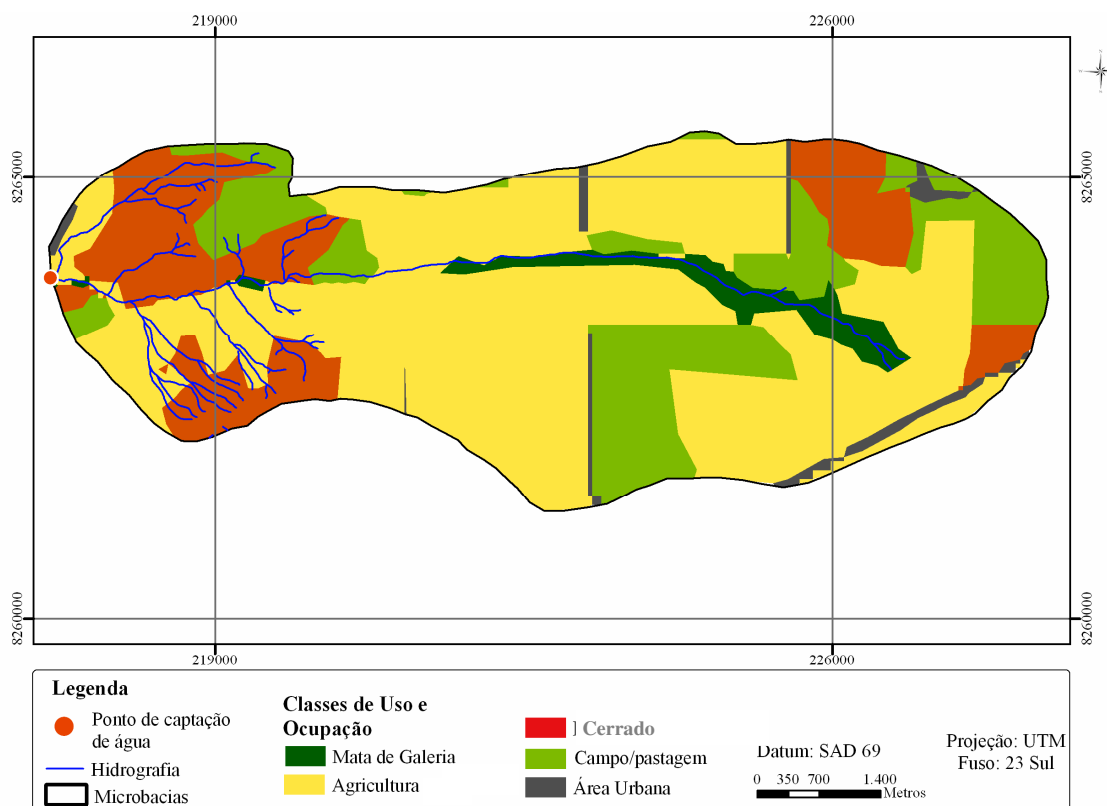


Figura 23 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da captação do córrego Quinze.

A sub-microbacia que compreende a captação Quinze apresenta 57,4% da área ocupada com agricultura, 19,3% com campo/pastagem e 17,3% com cerrado, conforme dados apresentados na tabela 6. Como pode ser visualizado pela figura 23, é uma sub-microbacia com usos e ocupações das terras variadas, porém com atividades agrícolas na maior parte da área, principalmente plantio de culturas anuais.

Tabela 6 – Quantificação das áreas de uso das terras na sub-microbacia da captação do córrego Quinze.

Uso e Ocupação das terras	Área (ha)	%
Mata de Galeria	138,2	4,00
Cerrado	597,9	17,3
Campo/pastagem	667,3	19,3
Agricultura	1.988,1	57,4
Área Urbana	70,3	2,0
Total	3.461,9	100,0

A figura 24 mostra a captação do córrego Quinze, onde se pode observar a vegetação nativa bem preservada nos arredores da captação.



Figura 24 – Registro fotográfico da captação Quinze, com a vegetação nativa preservada (Bilich, M. R., 30/09/2006).

Assim como ocorre na sub-microbacia da captação Pípiripau, as áreas urbanas compreendem as rodovias pavimentadas, totalizando 2,0% da área (Tabela 6).

3.1.2.3 – Uso e Ocupação das Terras da Sub-microbacia da Captação do Ribeirão Mestre D’Armas

Como pode ser visualizado no mapa gerado de classificação de uso e ocupação das terras da sub-microbacia do ribeirão Mestre D’Armas (Figura 25), essa sub-microbacia apresenta atividades agrícolas na maior parte da sua área, principalmente agricultura anual. No local próximo à captação de água, há uma área urbanizada, a qual faz parte a cidade de Planaltina.

A sub-microbacia da captação Mestre D'Armas possui 4.082,9 ha, sendo que 56,9% da área é ocupada com agricultura anual, como mostram os dados da tabela 7. A ocupação com campo/pastagem perfaz 18,00% da área da sub-microbacia.

Dentre as sub-microbacias em estudo a que apresenta o maior percentual de área urbana é a da captação Mestre D'Armas, ocupando 4,7% da área (Tabela 7).

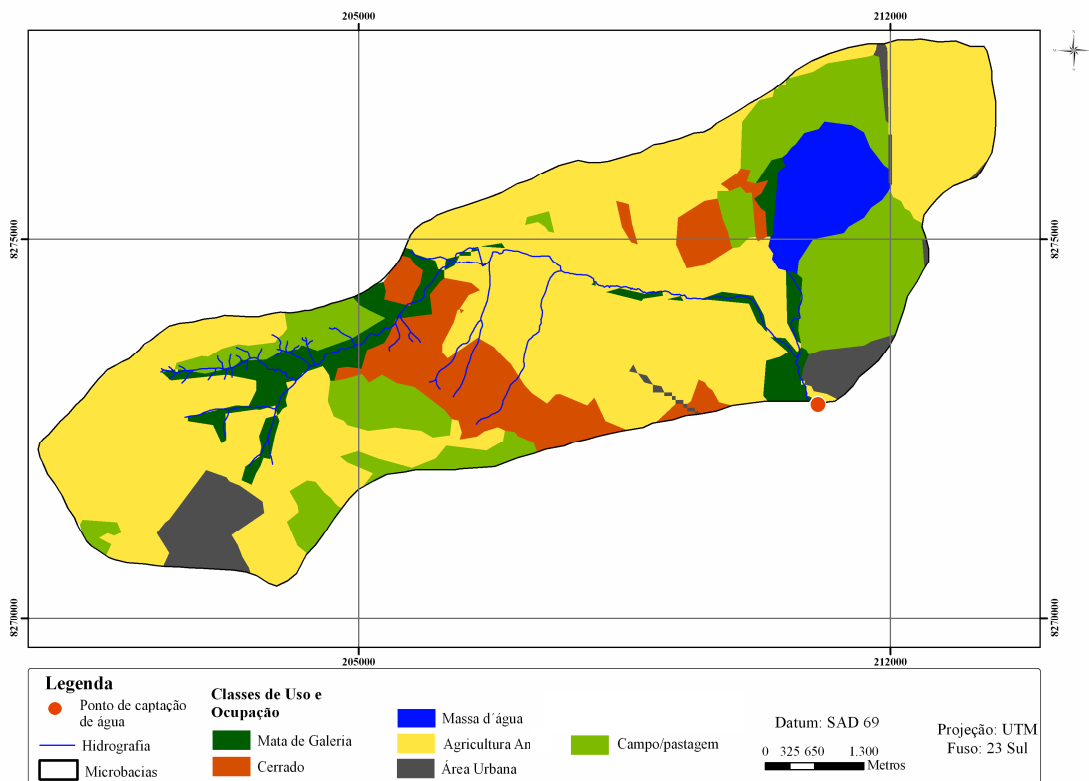


Figura 25 – Mapa de classificação de uso e ocupação das terras na sub-microbacia da do ribeirão Mestre D'Armas.

A vegetação do tipo cerrado ocupa 9,7% da área e está concentrada nas áreas ao redor da lagoa Mestre D'Armas e também na porção central da sub-microbacia (Tabela 7).

Tabela 7 – Quantificação das áreas de uso das terras na sub-microbacia da captação do ribeirão Mestre D’Armas.

Uso e Ocupação das terras	Área (ha)	%
Mata de Galeria	247,2	6,0
Cerrado	396,2	9,7
Campo/pastagem	734,2	18,0
Agricultura	2322,2	56,8
Área Urbana	189,9	4,6
Massa d’água	193,2	4,7
Total	4.082,9	100,0

Muito próximo à área da captação de água Mestre D’Armas, a apenas poucos metros, há moradias construídas, mostrado na figura 26.



Figura 26 – Área próxima à captação Mestre D’Armas (Bilich, M. R., 30/09/2006).

3.2 – Avaliação da Qualidade da Água na Microbacia do Ribeirão Mestre D’Armas

Para a avaliação da qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D’Armas foram utilizadas as médias mensais do Índice de Qualidade de Água e dos seguintes parâmetros de qualidade de água: turbidez, amônia, cloreto, demanda química de oxigênio, condutividade elétrica, pH e coliformes fecais, nos anos de 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho). As tabelas contendo os dados estão no anexo.

As captações de água foram agrupadas em áreas de proteção ambiental englobando as captações dos córregos Fumal, Brejinho e Corguinho que possuem mais de 60% da área com a vegetação nativa preservada e em áreas de uso agrícola e urbano, com as captações do

córrego Quinze e dos ribeirões Mestre D'Armas e Pipiripau, que possuem mais de 60% da área ocupadas com atividades antrópicas.

3.2.1 – Índice de Qualidade de Água – IQA

O Índice de Qualidade de Água – IQA é um método que pondera diversos parâmetros de qualidade de água, possibilitando uma avaliação expedita, rápida e simples da qualidade da água.

Sendo assim, para a avaliação da qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas foram utilizadas as médias mensais do Índice de Qualidade da Água - IQA, nos anos de 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho), das seis captações em estudo.

3.2.1.1 – Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

As médias do IQA ao longo dos meses dos anos estudados, para as captações dos córregos Brejinho, Fumal e Corguinho, apresentada na figura 27, permitiu verificar que não houve alteração relevante da qualidade da água durante os anos em estudo, nessas captações de água estudadas. Os valores de IQA encontram-se em torno de 80, valor considerado bom, salvo uma exceção no mês de janeiro do ano 2000, que não foi considerada relevante para a série em estudo.

De maneira geral, nas três captações, observou-se, também, que tanto na estação chuvosa quanto na seca, a qualidade da água mostrou apenas pequenas alterações. Toledo e Nicollela (2000) também não observaram alteração significativa da qualidade da água mensurada por meio do IQA, em função da precipitação, na bacia do rio Guairá, SP.

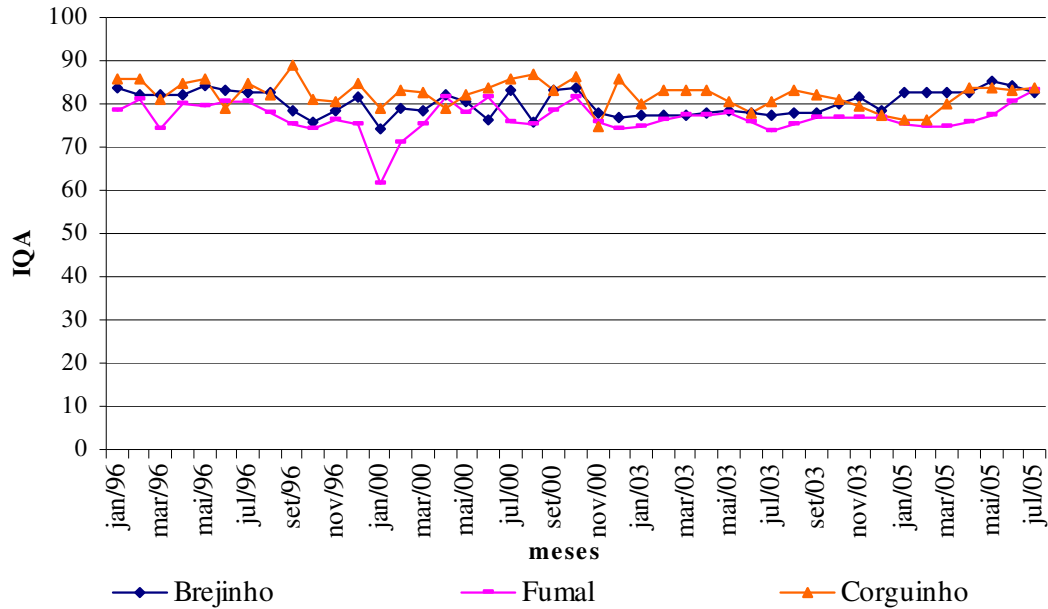


Figura 27 – Índice de Qualidade de Água nas captações dos córregos Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos de 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Avaliando cada captação separadamente, verificou-se que a captação Fumal apresenta qualidade de água ligeiramente inferior, quando comparada com as captações Brejinho e Corguinho.

A qualidade da água na captação do córrego Fumal, localizada na Estação Ecológica de Águas Emendadas - ESECAE, ao longo dos anos em estudo, conforme mostra a figura 27, permitiu observar o comportamento distinto em relação à captação do córrego Brejinho, também localizada na ESECAE. A qualidade da água do córrego Fumal apresenta um pequeno decréscimo nos primeiros meses do ano, tendo sido mais evidente no mês de janeiro e março, ou seja, meses da estação chuvosa, dos anos 1996 e 2000.

A figura 28 apresenta os dados acerca da precipitação pluviométrica ocorrida ao longo dos anos em estudo, registrados no posto de coleta denominado de “Contagem”, localizado na área da microbacia do ribeirão Mestre D’Armas. A avaliação dos dados apresentados nessa figura permitiu verificar que tanto no mês de março de 1996 e janeiro de 2000 ocorreram picos de precipitação, atingindo 189,4mm e 210,1 mm, respectivamente.

Esses picos elevados de precipitação pluviométrica podem justificar, em parte, o decréscimo da qualidade da água na captação Fumal nos meses correspondentes. Altos volumes de chuva podem alterar parâmetros de qualidade da água utilizados no cálculo do

IQA, como por exemplo a turbidez que pode aumentar devido ao carreamento de materiais aos cursos d'água, por meio do deflúvio superficial.

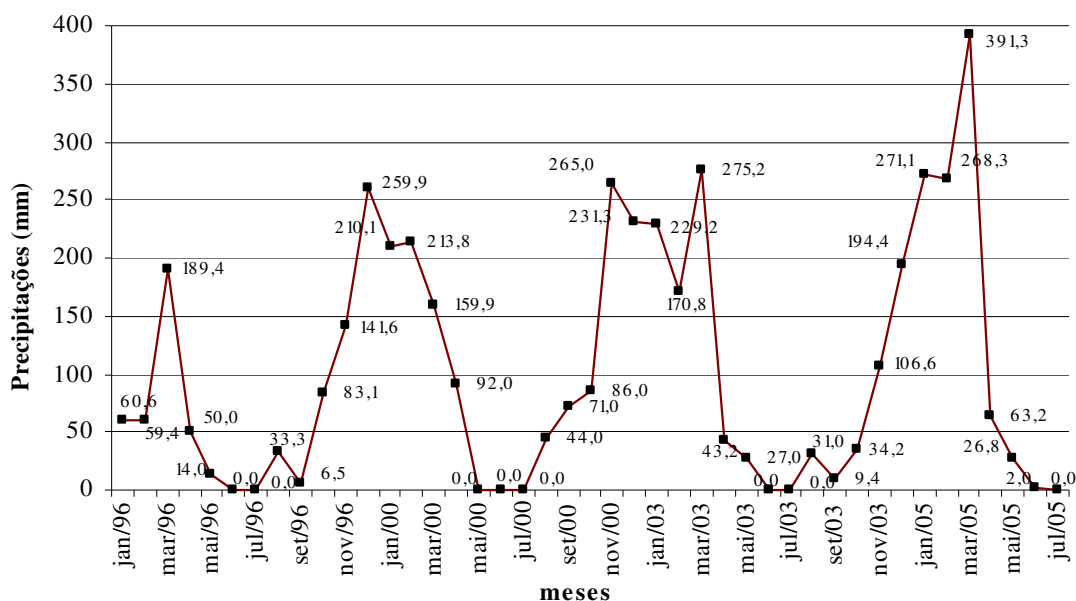


Figura 28 – Precipitação pluviométrica registrada no posto “Contagem”, localizado na microbacia do ribeirão Mestre D’Armas, ao longo dos anos em estudo.

Na captação Fumal, verificou-se a retirada parcial da vegetação natural na área próxima à captação e a presença de animais domésticos como bovinos. A ocorrência desses animais de grande porte e o excesso de pisoteio pode compactar o solo, dificultando a infiltração da água e favorecendo o escoamento superficial. Foi constatada, também, a presença de moradias e deposição de lixo diretamente no solo, que constituem fatores que podem contribuir para a deterioração da qualidade da água nessa captação, principalmente no período chuvoso.

Já na captação Brejinho não houve alteração relevante da qualidade da água durante os anos em estudo, bem como nas estações do ano.

Esse comportamento pode ser explicado devido à localização da captação de água Brejinho estar em uma área de proteção ambiental, onde a vegetação nativa encontra-se praticamente preservada, correspondendo a 96% (somatório de áreas de campo, mata de galeria e cerrado) da área total (Tabela 2), com destaque para as Matas Galerias (Figura 7). Essa captação também está localizada muito próxima à sua nascente, havendo assim menor possibilidade de interferência da área ao seu redor.

A captação do córrego Corguinho está inserida em uma Área de Proteção de Manancial - APM, bem como as demais, e diferentemente de algumas outras APMs, ainda mantém preservada grande parte da vegetação nativa, onde aproximadamente 78,0 % da área corresponde à Mata de Galeria e Campo nativo/pastagem (Tabela 4). Dessa forma, a qualidade da água sofreu pouco impacto ambiental das atividades circunvizinhas, nos anos estudados, mantendo sua qualidade, como pode ser observado pelos dados apresentados na figura 27.

3.2.1.2 – Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pipiripau e Mestre D’Armas

A avaliação do Índice de Qualidade de Água nas captações de água do córrego Quinze e dos ribeirões Pipiripau e Mestre D’Armas, nos quatro anos em estudo, 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho), constatou que dentre as captações em estudo, a localizada no córrego Quinze foi a que apresentou, de maneira geral, os melhores índices de qualidade. Apesar dessa captação estar localizada em uma área agrícola, a qualidade da água foi pouca afetada ao longo dos anos em estudo, como pode ser observado pelos dados da figura 29. Apenas nos meses de janeiro e dezembro de 2000 houve redução dos valores do IQA.

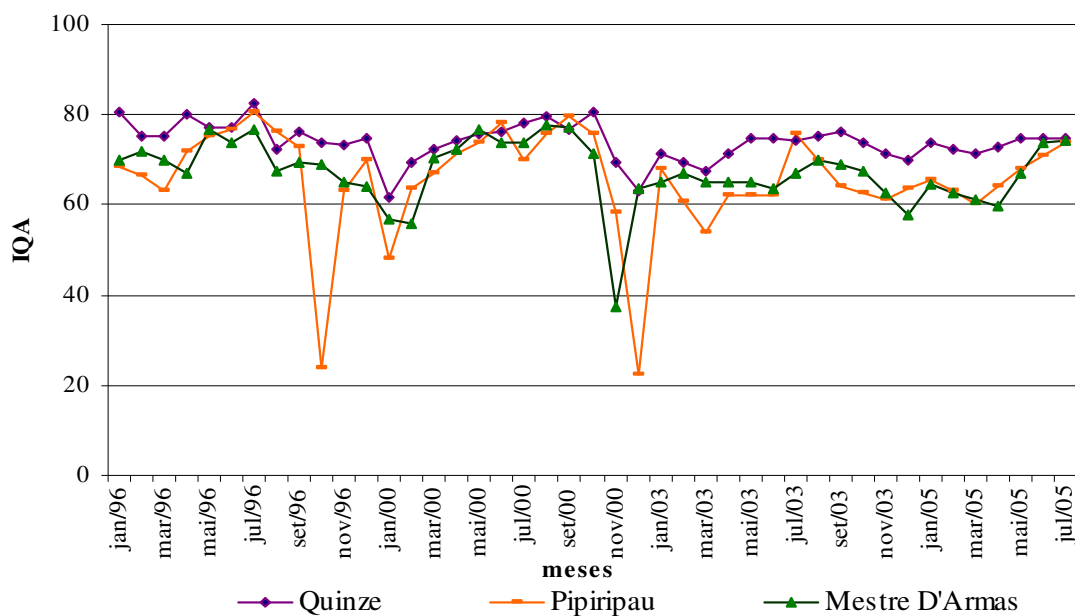


Figura 29 – Índice de Qualidade de Água nas captações Quinze, Pipiripau e Mestre D’Armas nos anos de 1996 a 2005.

A sub-microbacia da captação do ribeirão Mestre D'Armas possui uma ocupação mista, ou seja, há áreas agrícolas, e aproximadamente 5% da área é urbanizada, além da ocorrência de áreas com campo e pastagens. Observou-se que essa captação apresentou valores intermediários de IQA, apresentando a pior qualidade no mês de novembro do ano 2000, mês de maior precipitação pluviométrica registrada nesse ano conforme dados da figura 29. A área urbana está localizada muito próxima à captação de água da CAESB e a da impermeabilização do solo que ocorre em áreas urbanizadas favorece o escoamento superficial da água e o conseqüente transporte de materiais sólidos no período chuvoso ao ribeirão Mestre D'Armas. Toledo e Nicoletta (2002) também observaram a influência do uso urbano na qualidade da água e verificaram a deterioração da qualidade por esse tipo de ocupação, originando um IQA menor no ribeirão Guairá, SP.

A captação Pipiripau apresentou os menores valores de qualidade de água ao longo dos anos em estudo, sendo os picos de decréscimo mais acentuados observados nos meses de outubro do ano de 1996 e dezembro de 2003. A ocupação das terras nessa sub-microbacia é essencialmente agrícola, perfazendo 84,6% da área (Tabela 5). Porém, diferentemente da sub-microbacia da captação do córrego Quinze, apenas 4,8% da área é coberta com a vegetação nativa, ou seja, Mata de Galeria e Cerrado, enquanto na sub-microbacia da captação Quinze a vegetação nativa perfaz 21,3% da área. Tal fato pode provocar alterações na qualidade da água, pois as atividades agrícolas, expõem o solo às intempéries, além de exigir o uso de insumos agrícolas, tais como fertilizantes e agrotóxicos. Observou-se, também, um decréscimo na qualidade da água no período chuvoso. Isso é indicativo de ocorrer escoamento superficial da água da chuva, levando consigo partículas de solo, além de fertilizantes e defensivos agrícolas para o ribeirão Pipiripau.

As atividades agrícolas realizadas nessas áreas necessitam atender critérios que visam a manutenção da qualidade ambiental, principalmente no que diz respeito ao uso do solo, como por exemplo, o uso adequado de fertilizantes e defensivos agrícolas, e além de práticas conservacionistas, como o plantio em nível, entre outras. Ao se observar o mapa de aptidão agrícola das terras (Figura 4) e o mapa de uso e ocupação das terras da sub-microbacia do córrego Quinze, verifica-se que as áreas com maior limitação quanto ao uso das terras se mantiveram mais preservadas nessa sub-microbacia, diferentemente do que foi observado na sub-microbacia do ribeirão Pipiripau. Talvez por isso, mesmo estando com atividades de agricultura ao seu redor, a qualidade da água da captação Quinze, foi pouco afetada em comparação com a do ribeirão Pipiripau, como pode ser observado na figura 29.

Diferentemente da captação do córrego Quinze, deve-se também ressaltar que próximo ao ribeirão Pípiripau e seus afluentes, a horticultura é uma atividade bem desenvolvida. Sabe-se que essa atividade requer uso mais intensivo de insumos, como fertilizantes e agrotóxicos, que podem afetar sobremaneira a qualidade da água.

Nas captações de uso agrícola e urbano, os valores de IQA variaram em torno de 70, valor esse inferior ao observado nas captações localizadas em áreas preservadas, que oscilou em torno de 80. Nas áreas preservadas a qualidade da água variou pouco ao longo da série histórica avaliada, havendo pequena diferença entre os períodos de chuva e seca, o que não foi observado nas captações localizadas em sub-microbacias antropizadas, onde houve variação da qualidade da água ao longo dos anos avaliados, o que condiz com o estudo de Carvalho et al (2000) que também observaram uma variação sazonal da qualidade da água registrado pelo IQA, sendo melhor no período de seca.

3.2.2 – Parâmetros de Qualidade de Água

3.2.2.1 – Turbidez

A turbidez de uma amostra de água é a medida do grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, em razão da presença de sólidos em suspensão, como detritos orgânicos (algas, bactérias, entre outros) e partículas inorgânicas como areia, silte e argila (ANA, 2005).

A turbidez pode indicar principalmente problemas relacionados à erosão dos solos nas áreas circunvizinhas aos cursos d'água e o despejo de efluentes industriais, esgotos domésticos e dejetos provenientes da pecuária.

Mediante dados dos anos de 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho), foi avaliado o comportamento de tal parâmetro nas três captações de água localizadas em sub-microbacias de preservação ambiental (Brejinho, Fumal e Corguinho) e nas três captações localizadas em sub-microbacias de uso agrícola e urbano (Pípiripau, Quinze e Mestre D'Armas).

– Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

De acordo com os dados de turbidez nos anos estudados, conforme mostra a figura 30, observou-se que dentre as captações localizadas em áreas preservadas, a captação do córrego Fumal apresentou, de maneira geral, os maiores valores de turbidez e a captação Corguinho os menores valores. Ambos apresentaram pequena variação de turbidez ao longo dos anos em estudo.

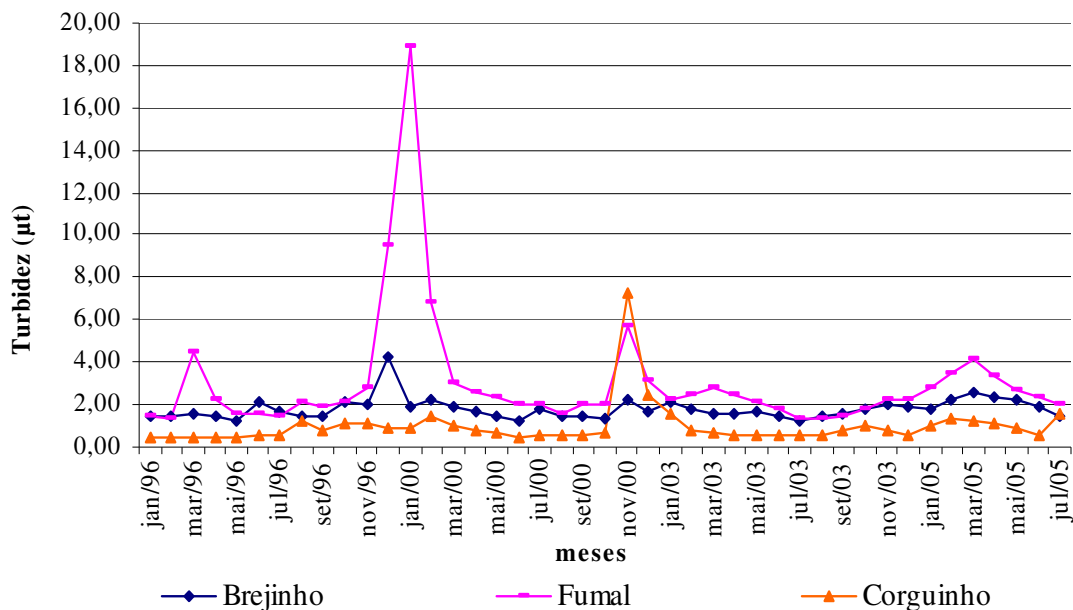


Figura 30 – Turbidez nas captações dos córregos Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Observou-se que nas três captações em estudo e nos quatro anos avaliados, de maneira geral, a turbidez foi superior nos meses da estação chuvosa, sendo que esses aumentos foram mais evidentes na captação Fumal, o que é corroborado pelos dados encontrados por Carvalho et al (2000). Também foi verificado um aumento da turbidez na estação chuvosa, assim como nos trabalhos realizados por Arcova e Cicco (1999) e Ahearn et al. (2005) em microbacias com vegetação nativa preservada.

Além disso, como foi visto anteriormente, na sub-microbacia da captação do córrego Fumal, existem famílias residindo próximo a captação, em moradias irregulares, onde o lixo não é coletado, além da criação de animais domésticos e pequenos plantios de frutíferas, como abacaxi. A vegetação próxima a essa captação foi retirada parcialmente e ainda há vestígios da presença de animais domésticos de grande porte, como bovinos. Esses fatores podem contribuir para a elevação da turbidez nessa captação, principalmente nos períodos chuvosos, uma vez que pode aumentar o escoamento superficial em função da redução da capacidade de infiltração do solo.

No mês de janeiro do ano 2000, o parâmetro turbidez na captação Fumal, apresentou o maior valor ao longo dos anos em estudo, alcançando 18,90 µt. Nesse mês, foi registrada uma precipitação de 210,0 mm (Figura 30), mas esse não é um fator que explica totalmente o

fenômeno, pois existiram outros meses de precipitação elevada e a turbidez não sofreu alteração significativa.

Foi observado, também, no mês de novembro do ano de 2003, as três captações apresentaram uma elevação dos valores de turbidez, mês esse que choveu 265 mm (Figura 28), o segundo maior valor precipitado no período avaliado. Estas observações demonstram a relação direta do aumento da precipitação com a turbidez, nessas áreas de preservação da vegetação nativa.

- Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pípiripau e Mestre D’Armas

Na figura 31 estão representados os valores de turbidez encontrados nas captações Pípiripau, Quinze e Mestre D’Armas, localizados em sub-microbacias com uso antrópico urbano e agrícola, nos anos de 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Os maiores valores ao longo dos anos avaliados foram encontrados na captação do ribeirão Pípiripau, ocorrendo picos nos meses de outubro do ano 1996 e dezembro do ano 2000. No mês de dezembro do ano 2000 foi observado o segundo maior volume de chuva ocorrido nesse ano, 231,3 mm (Figura 28), mas já no mês de outubro choveu somente 83,1 mm. Dessa forma, não foi possível estabelecer uma associação para esses aumentos da turbidez em relação à precipitação na captação do ribeirão Pípiripau.

As captações do córrego Quinze e do ribeirão Pípiripau possuem em suas sub-microbacias ocupação predominantemente agrícola. Entretanto, quando comparados os dados de turbidez, esses apresentam comportamento diferenciado. Mas, vale salientar, que na sub-microbacia da captação do ribeirão Pípiripau 84,6% (Tabela 5) da área é ocupada com agricultura, e na captação Quinze apenas 57,4% (Tabela 6). Com isso, os impactos que essa atividade exerce sobre a qualidade da água é maximizada, principalmente no que se refere à erosão do solo, podendo ser confirmado pelos dados de turbidez observados.

Nos períodos de seca, os valores de turbidez foram menores nas três captações estudadas, concordando com os resultados obtidos por Ahearn et al. (2005)

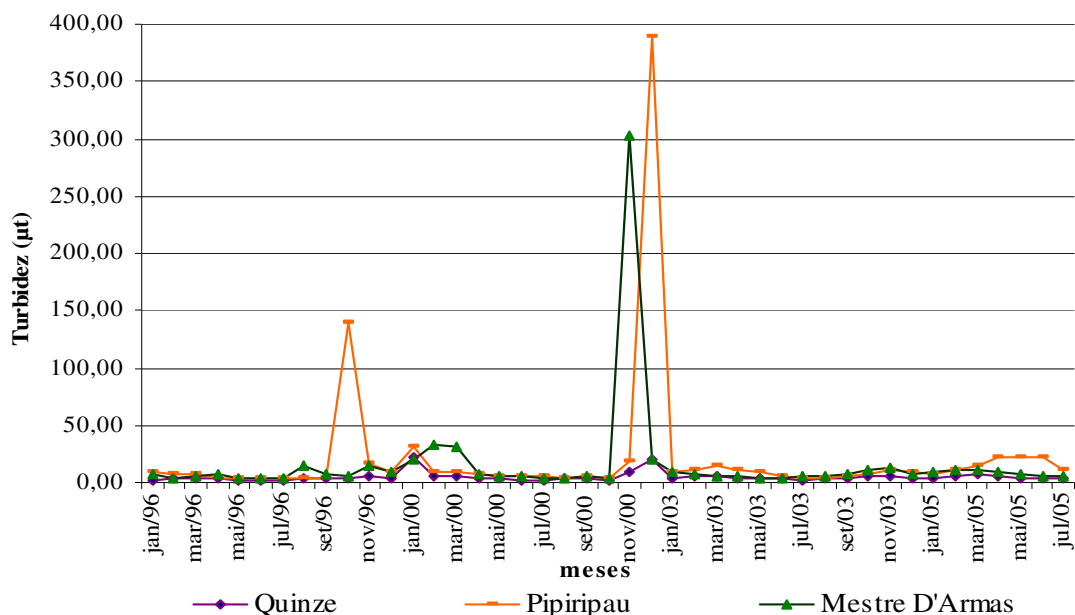


Figura 31 – Turbidez nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D'Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Comparando as captações localizadas em áreas de preservação ambiental e as localizadas em sub-microbacias, com predominância de uso urbano e agrícola, foi verificado que os valores encontrados são muito superiores no segundo caso, atingindo valores de até 380,00 ut, diferentemente do que ocorre nas captações de áreas preservadas que a amplitude atinge 18,90 µt.

Arcova e Cicco (1999) também verificaram que a turbidez em duas microbacias com atividades agrícolas de declividade acentuada, foi superior, se comparadas com duas microbacias que possuíam vegetação nativa, além de constatarem que a turbidez foi superior no período chuvoso.

Dentre todas as captações avaliadas, a do ribeirão Pípiripau foi a que apresentou os maiores valores de turbidez e os menores valores foram verificados no córrego Corguinho. Dessa forma, foi possível verificar que a turbidez pode constituir um bom parâmetro para avaliar a qualidade da água em áreas com ocupação antrópica, em especial agrícola. Todavia, a captação Quinze, também está localizada numa área essencialmente agrícola e não apresentou comportamento semelhante ao verificado no ribeirão Pípiripau. Isso indica que o manejo do solo na sub-microbacia do córrego Pípiripau, bem como o plantio de oléícolas, pode estar sendo realizado de maneira incorreta. A horticultura é uma atividade que expõe o solo em várias épocas do ano e geralmente é desenvolvida nas áreas de várzea, próxima aos

curtos d'água e em muitos casos há também a retirada da mata de galeria e todos esses fatores contribuem para a deterioração da qualidade da água.

3.2.2.2 – Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é uma expressão numérica da capacidade da água conduzir a corrente elétrica. É determinada pela presença de íons e pela temperatura. As fontes naturais de sais, são geralmente provenientes do substrato rochoso ou do solo. As principais fontes dos sais contidos nas águas correntes de origem antropogênica, são as descargas industriais de sais, consumo de sal em residências e no comércio, excreções de sais pelo homem e por animais (CETESB, 2006).

– Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

A avaliação realizada nas captações Brejinho, Corguinho e Fumal, nos anos em estudo (1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho)), permitiu constatar que a captação Fumal apresentou valores muito superiores de condutividade elétrica, atingindo médias de 88,2 μscm^{-1} em relação às outras captações em estudo, como pode ser observado pela distribuição das médias de condutividade nos anos estudados, apresentado no gráfico da figura 32.

As captações Brejinho e Corguinho, apresentaram comportamentos semelhantes, tanto ao longo dos anos em estudo quanto nas estações de seca e chuva, com valores menores de condutividade elétrica, em torno de 6 μscm^{-1} . O trabalho de Arcova e Cicco (1999) mostram valores de condutividade abaixo de 20 μscm^{-1} e os autores atribuíram esses valores aos solos quimicamente pobres da região de estudo e ao substrato rochoso resistente à intemperização.

A captação do córrego Corguinho apresentou valores ligeiramente superiores aos da captação Brejinho, sendo que estes foram praticamente constantes ao longo dos anos avaliados, com exceção ao mês de setembro do ano 2000, onde ambas as captações apresentaram um aumento da condutividade elétrica.

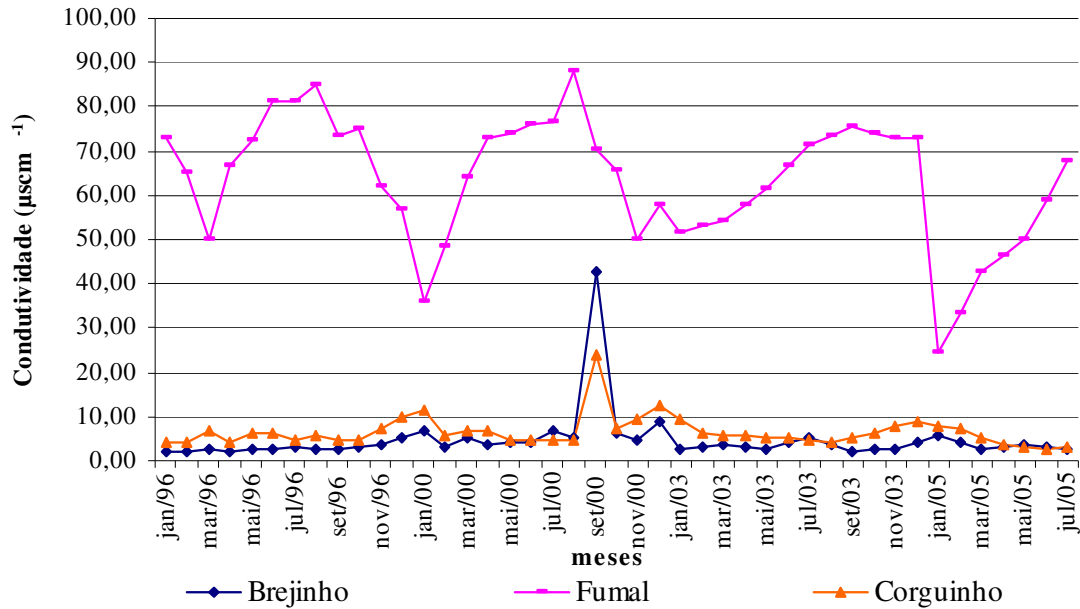


Figura 32 – Condutividade elétrica nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Diferentemente das outras duas captações, na captação Fumal ocorreu variação da condutividade ao longo dos anos, com o aumento no período da seca e diminuição no período chuvoso, nos anos estudados.

Um dos fatores que pode estar relacionado com esse comportamento é a geologia local. Apesar do mapa geológico da área não apresentar a ocorrência de rochas carbonáticas relacionadas ao Grupo Paranoá (Unidade Pelito Carbonatada), em função da escala de mapeamento disponível, que é 1:100.000, a avaliação no campo constatou a presença dessas litologias, com ocorrências de pequenas dolinas na área, o que pode provocar conteúdo elevado de íons presentes na água, aumentando os valores da condutividade elétrica na captação Fumal. Além disso, o pH encontrado nessa sub-microbacia é 7,18 em média, ou seja, alcalino.

Da mesma forma que ocorre com a condutividade, o pH também diminui na estação chuvosa nessa captação, o que reforça a hipótese de influência da ocorrência de rochas carbonáticas, que são rochas de alta solubilidade e grande mobilidade dos constituintes em forma iônica, justificando a concentração destes nos períodos de seca. Diferentemente do observado na captação Fumal, Carvalho et al (2000) verificaram aumento da condutividade no período chuvoso, não concordando com os resultados obtidos para essa captação. Porém, as captações dos córregos Brejinho e Corguinho apresentaram um ligeiro aumento da

condutividade no período chuvoso, o que condiz com os resultados encontrados por Carvalho et al (2000).

– Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pípiripau e Mestre D’Armas

De acordo com a figura 33, que representa as médias mensais de condutividade elétrica das captações localizadas em áreas de ocupação antrópica, nos anos de 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho), a captação Pípiripau apresentou valores superiores de condutividade, variando cerca de 15,00 a 55,80 μscm^{-1} em comparação com as captações Quinze e do ribeirão Mestre D’Armas, com valores da ordem de 6,00 μscm^{-1} .

Ressalta-se que a condutividade na captação Quinze apresentou pequena variação ao longo dos anos, havendo um ligeiro aumento na estação chuvosa.

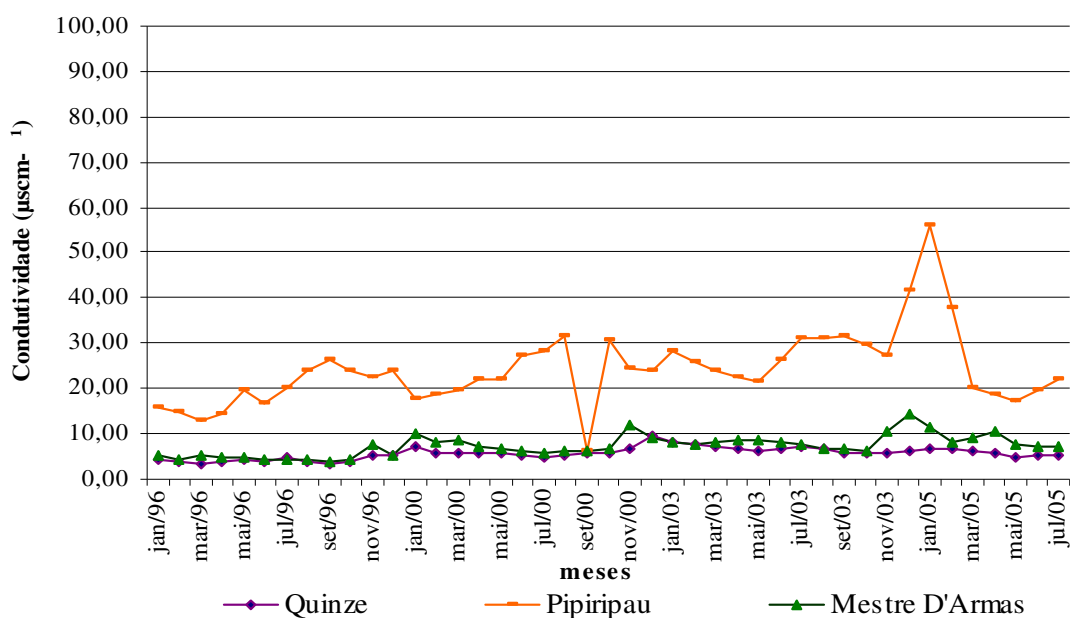


Figura 33 – Condutividade elétrica nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D’Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Os altos valores de condutividade elétrica da água na captação Pípiripau podem ser atribuídos às práticas de aplicação de calcário na agricultura, bem como a aplicação de fertilizantes do tipo NPK. Quando a prática de calagem e adubação é feita de maneira incorreta, os íons constituintes do calcário solubilizado podem ser lixiviados, tendo como

destino os cursos d'água. Na área, não há controle geológico que justifique esses valores de condutividade elevados. Diferentemente da captação Fumal, na captação Pipiripau observa-se um aumento da condutividade nos períodos de chuva, o que é corroborado pelos dados encontrados por Carvalho et al (2000), que atribuíram à presença de sólidos suspensos, indicado pela turbidez, transportados aos cursos d'água pelo escoamento superficial da água da chuva, o aumento da condutividade elétrica.

3.2.2.3 – Amônia

Em um corpo d'água, a determinação da parcela predominante de nitrogênio pode fornecer informações sobre o estágio da poluição, conforme ressalta von Sperling (1996). Os compostos de nitrogênio, na forma orgânica ou de amônia, referem-se à poluição recente, enquanto que nitrito e nitrato à poluição mais remota.

A amônia é uma substância tóxica, não persistente e não cumulativa, e sua concentração que normalmente é baixa, não causa dano fisiológico aos seres humanos e animais. Grandes quantidades de amônia podem causar asfixia em peixes (IGAM, 2006).

– Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

Na figura 34 estão representados as concentrações médias mensais de amônia encontradas nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Dentre as captações em estudo, de modo geral, a captação localizada no córrego Fumal apresentou os maiores valores de amônia dos anos em estudo, enquanto a captação do córrego Corguinho, as menores concentrações.

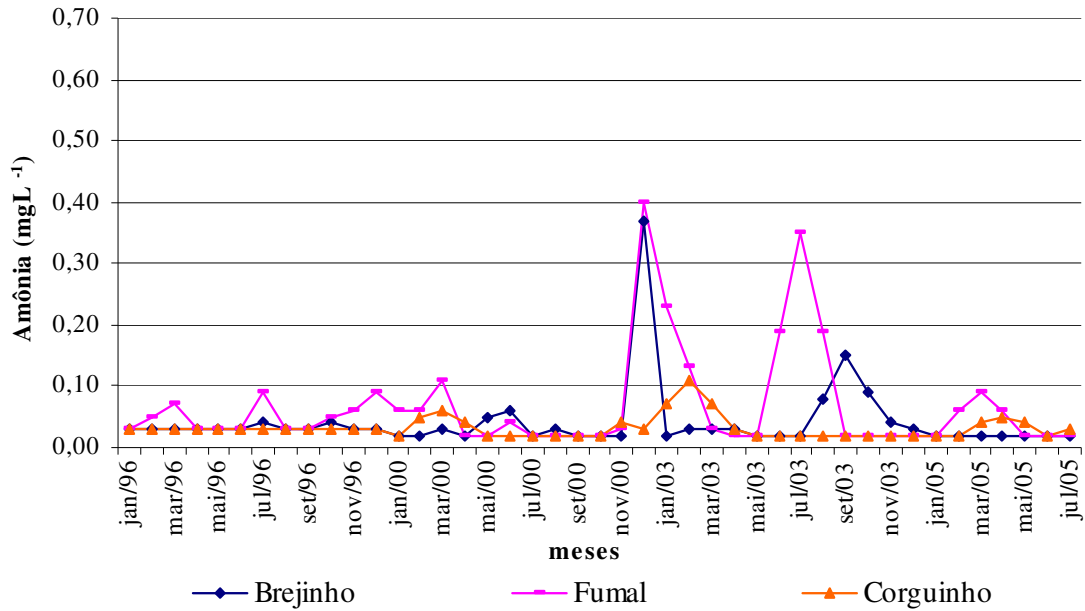


Figura 34 – Amônia nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 até 2005 (janeiro a julho).

No mês de dezembro do ano 2000 foram observados picos de concentração de amônia na água, tanto na captação Fumal, quanto no Brejinho atingindo $0,400 \text{ mgL}^{-1}$ e $0,370 \text{ mgL}^{-1}$ respectivamente. Nesse mesmo mês foi observada a segunda maior precipitação do ano, correspondente a 231,3 mm (Figura 28).

Apesar da água da captação Fumal e Brejinho percorrerem uma área ambientalmente preservada, verifica-se uma variação da concentração de amônia nos anos em estudo, entre essas duas captações. Conforme visto anteriormente, a área próxima à captação Fumal apresenta alguns problemas ambientais como moradias irregulares, presença de animais domésticos, lixo depositado no solo, além da disposição inadequada de esgoto doméstico. Todos esses fatores podem contribuir para o incremento da concentração de amônia.

– Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pípiripau e Mestre D’Armas

Na figura 35 estão representados as concentrações médias mensais de amônia obtidas nas captações do córrego Quinze e dos ribeirões Pípiripau e Mestre D’Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e de janeiro a julho de 2005.

De acordo com os dados da figura 35, a captação Pípiripau apresentou as maiores concentrações de amônia ao longo dos anos avaliados.

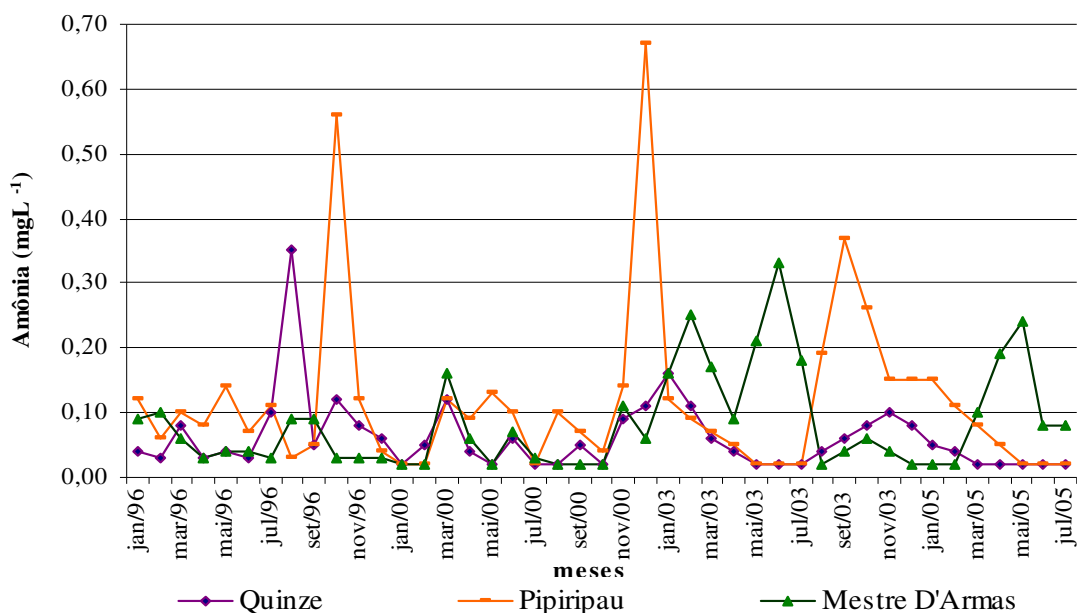


Figura 35 – Amônia na captação Pípiripau e Quinze nos anos 1996, 2000, 2003 e até julho de 2005.

Da mesma maneira que ocorreu nas captações dos córregos Fumal e Brejinho, no mês de dezembro do ano 2000 foi observado a maior concentração de amônia na captação do córrego Pípiripau, atingindo $0,670 \text{ mgL}^{-1}$, coincidindo com o segundo maior volume de chuva precipitado no ano 2000, que foi de 231,3 mm (Figura 28).

A sub-microbacia do ribeirão Pípiripau é ocupada essencialmente por atividades agrícolas, entretanto, além do plantio de culturas anuais, há o desenvolvimento da horticultura. De acordo com os dados apurados pela EMATER (2005), o núcleo rural do Pípiripau é o núcleo com maior área de produção de olerícolas do Distrito Federal. A produção de olerícolas necessita do uso intenso de insumos agrícolas, principalmente fertilizantes, sendo o NPK o mais amplamente utilizado. Trata-se de um formulado, geralmente de alta solubilidade, onde o elemento nitrogênio é disponibilizado, na maioria das vezes, por meio de uréia ou nitrato de amônio, compostos esses que apresentam volatilidade e alta solubilidade. Dessa forma, após a aplicação desses compostos no solo, em função dessas características, os mesmos podem ser carregados para os cursos d'água, tanto por meio do escoamento superficial após as chuvas quanto por processos de lixiviação e com isso, elevando a concentração de amônia na água, afetando assim a qualidade.

De maneira semelhante, Gonçalves et al. (2005) também verificaram que as maiores concentrações de poluentes na água ocorrem nas áreas onde há o predomínio de lavouras e

estabelecimentos rurais, com altas concentrações de nutrientes na água, decorrentes da aplicação de fertilizantes químicos e dos manejos agrícolas adotados.

3.2.2.4 – Demanda Química de Oxigênio

O parâmetro demanda química de oxigênio - DQO é definido como a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por meio de um agente químico, que pode indicar a ocorrência de despejo de substâncias orgânicas na água. O aumento do teor de matéria orgânica na água pode reduzir o oxigênio dissolvido, levando a asfixia da ictiofauna (ANA, 2005).

– Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

De acordo com as médias de DQO obtidas nas captações dos córregos Fumal, Brejinho e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho) apresentados na figura 36, as três captações em estudo apresentaram de modo geral, comportamento semelhante a distribuição da DQO ao longo dos anos. Foram também observados valores superiores no período chuvoso e inferiores nos meses de seca, com variação dos valores de 0,20 a 4,52 mgL⁻¹.

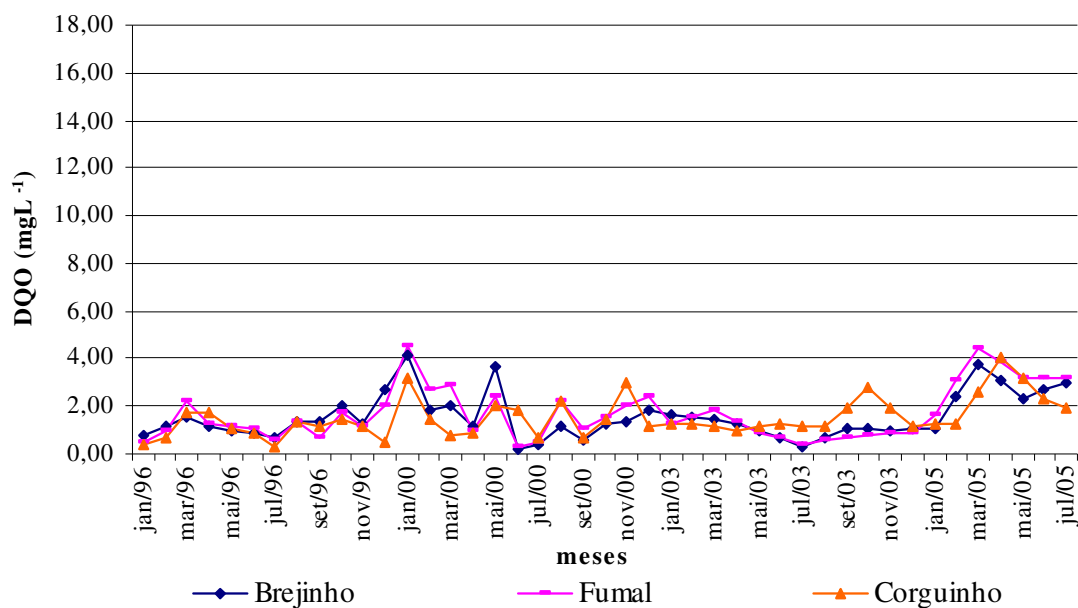


Figura 36 – Demanda química de oxigênio nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Destaca-se uma elevação dos valores de DQO nas três captações, sendo este mês o de mês de maior precipitação observada nos quatro anos em estudo, alcançando 391,3 mm.

Como a demanda química de oxigênio representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidação da matéria orgânica por meio de um agente químico, também fornece a indicação da quantidade de material orgânico presente na água. No período chuvoso, materiais orgânicos podem ser transportados para os cursos d'água juntamente com a água da chuva escoada e com isso elevar conseqüentemente, a demanda química de oxigênio.

– Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pípiripau e Mestre D'Armas

As médias de DQO relativas aos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho) nas captações do córrego Quinze e nos ribeirões Pípiripau e Mestre D'Armas estão apresentadas na figura 37.

A captação do ribeirão Pípiripau apresentou os maiores valores de DQO, atingindo um pico de 16,86 mgL⁻¹ no mês de dezembro de 2000. Nesse mesmo mês ocorreu segundo maior volume de chuva do ano 2000, 231,3mm (Figura 28).

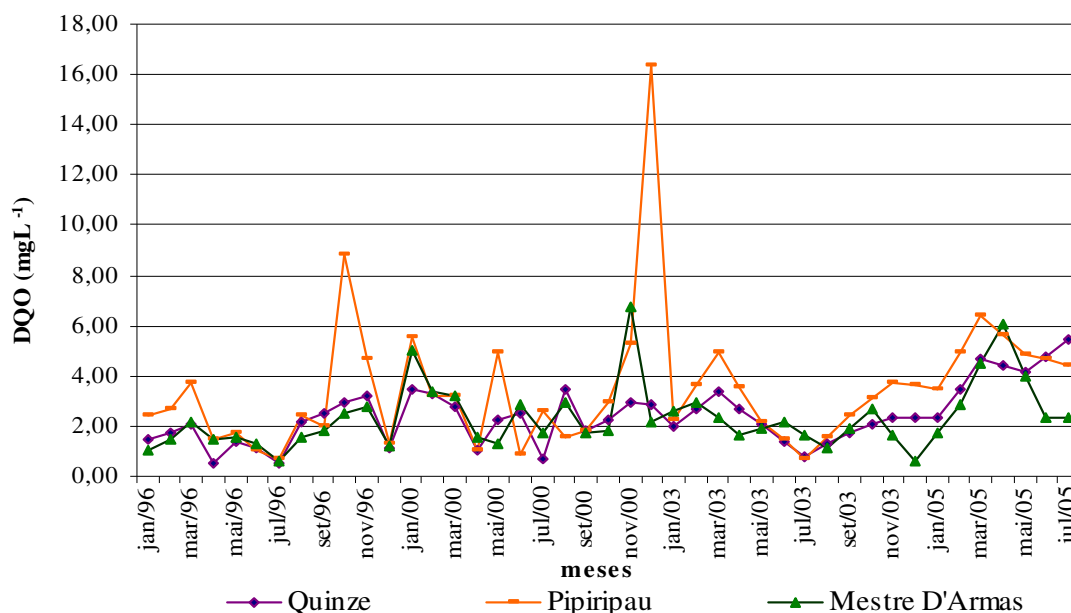


Figura 37 – Demanda química de oxigênio nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D'Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

A amplitude dos valores de DQO são superiores nas captações dos córregos e ribeirões localizados em áreas antropizadas, mostrando variações de cerca 0,5 a 16,36 mgL⁻¹, em relação aos valores encontrados nas captações das sub-microbacias com vegetação nativa preservada.

A DQO foi menor nos períodos de seca, nessas captações, com distribuição semelhante às captações localizadas em áreas preservadas.

Carvalho et al. (2000) também verificaram alterações na qualidade da água em função das atividades realizadas na região do estudo. Relataram, ainda, que a situação inadequada da cobertura do solo é responsável pela variação sazonal na qualidade das águas, sendo pior no verão, ou seja, no período chuvoso, onde a pouca cobertura vegetal favorece o aporte de partículas de solo para os corpos d'água.

3.2.2.5 – Potencial Hidrogeniônico – pH

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente em razão de seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Os organismos aquáticos estão geralmente adaptados às condições de neutralidade, sendo que alterações bruscas ou intensas do pH podem acarretar alterações severas no ecossistema aquático (ANA, 2005).

– Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

De acordo com a figura 38, que apresenta as médias mensais de pH das captações dos córregos Fumal, Brejinho e Corguinho em 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho), verificou-se que, ao longo dos anos avaliados, a captação do córrego Fumal apresentou os valores mais altos de pH, em comparação com as demais captações. Tal como observado para a condutividade elétrica, verifica-se uma tendência de diminuição dos valores de pH na estação chuvosa, já as captações Brejinho e Corguinho apresentaram variações irregulares do pH.

Assim como foi observado e discutido anteriormente na captação Fumal, com relação aos valores de condutividade elétrica, a razão para o pH ser mais alcalino pode estar relacionado ao controle geológico da área, ou seja, a presença de rochas carbonáticas.

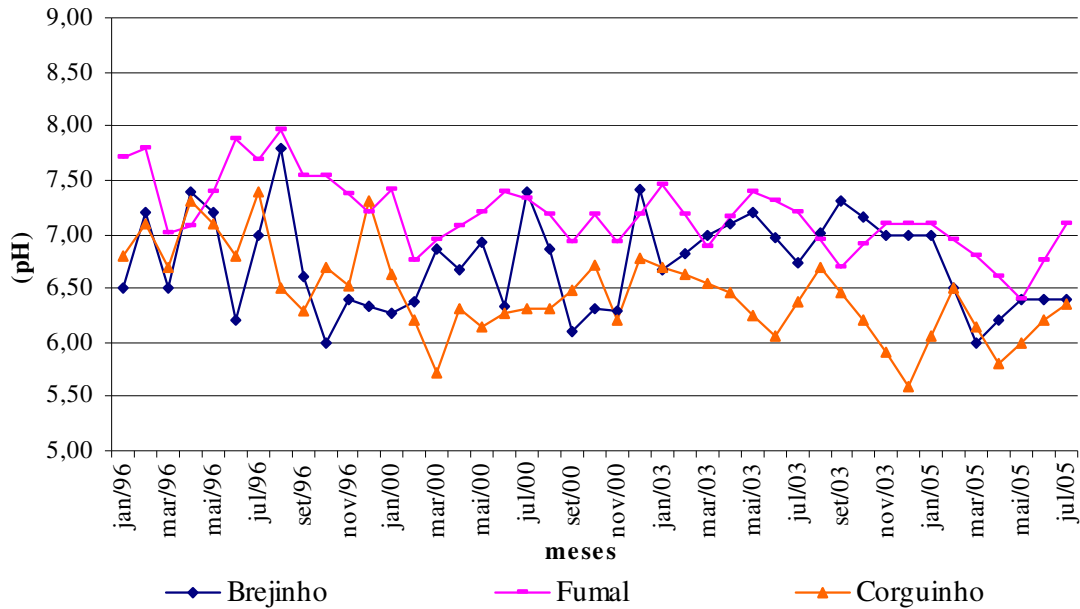


Figura 38 – pH nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

As captações Brejinho e Fumal estão localizadas muito próximas uma da outra e parte da água captada no córrego Fumal é proveniente do córrego Brejinho, pois esses se unem no ponto de captação Fumal. Mesmo assim, verifica-se uma diferença entre os valores de pH entre os dois pontos de captação de água o que reforça a hipótese da influência de rochas carbonáticas na área drenada pelo córrego Fumal.

– Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pipiripau e Mestre D’Armas

Na figura 39, apresenta o gráfico de distribuição das médias de pH obtidas nas captações Pipiripau, Quinze e Mestre D’Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Conforme mostram os dados apresentados na figura 37 verificou-se que o pH da captação do Pipiripau é básico na maioria dos meses dos anos avaliados com a exceção do ano 2000.

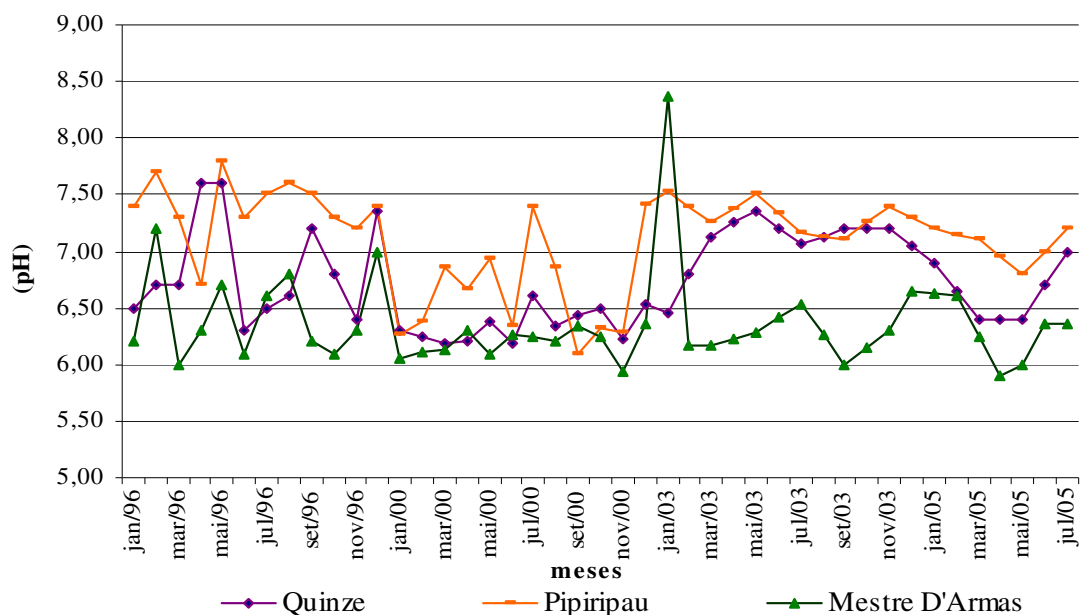


Figura 39 – pH nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D'Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

A sub-microbacia da captação do córrego Pípiripau é uma área essencialmente agrícola e não há um fator natural que justifique esses valores de pH básicos a não ser o manejo químico utilizado nas lavouras. A classe de solo predominante nessa microbacia é o Latossolo Vermelho e para utilizá-lo para agricultura, é necessária a aplicação de calcário para a correção do solo. Essa aplicação de calcário pode ser um dos fatores que elevaram o pH da água na captação do córrego Pípiripau, que pode ser corroborado com os valores também mais elevados de condutividade elétrica já discutidos.

Apesar da captação do córrego Pípiripau e Quinze apresentarem o mesmo tipo de ocupação das terras, ou seja, uso agrícola verificou-se que há um comportamento diferenciado entre alguns parâmetros de qualidade da água, incluindo o pH mais baixo na captação Quinze. Dessa forma, a diferença no manejo do solo, além da presença de culturas olerícolas, que utilizam muitos insumos agrícolas, como o calcário e fertilizantes, na sub-microbacia do ribeirão Pípiripau também podem afetar de maneira diferenciada os valores de pH. Essa condição foi verificada em outros parâmetros de qualidade da água, como a turbidez, já discutida anteriormente.

3.2.2.6 – Cloreto

Os cloretos podem ser utilizados como indicadores da contaminação por esgotos sanitários, podendo-se associar a elevação do nível de cloreto em uma drenagem com o lançamento de esgotos sanitários (von Sperling, 1996).

– Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

Na figura 40, estão apresentados os valores médios de concentração de cloreto das captações dos córregos Fumal, Brejinho e Corguinho, nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Ao longo da série histórica estudada, no mês de abril do ano 2000 foram observados os menores valores de cloreto nas três captações em estudo. Nesse mesmo mês foi registrado 92 mm de chuva, o que não justifica esses baixos valores de cloreto.

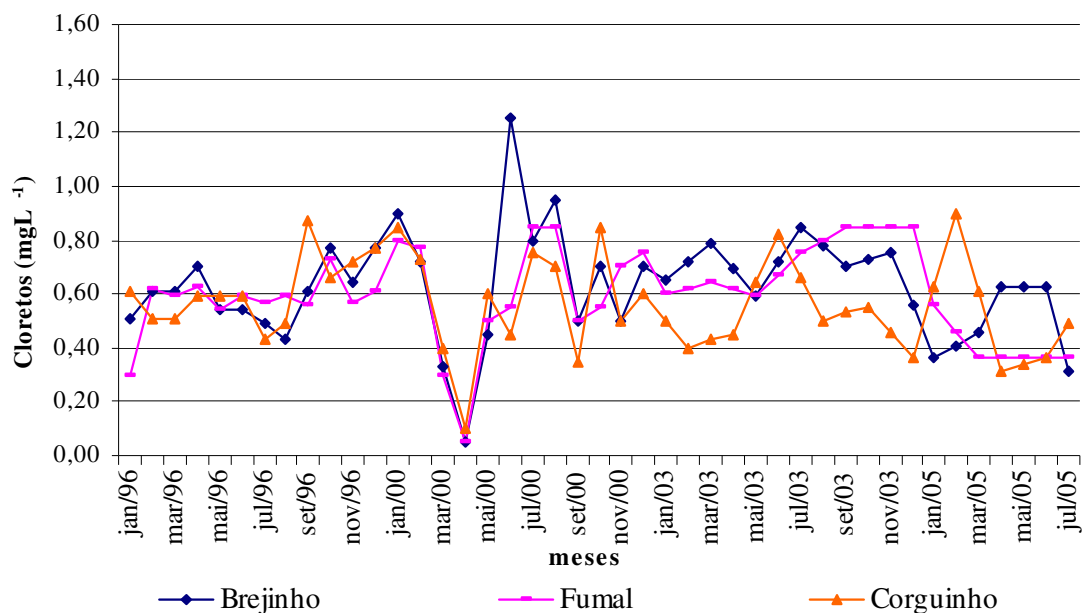


Figura 40 – Cloreto nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Diferentemente dos parâmetros avaliados até então, a maior concentração de cloreto nos anos em estudo foi observado na captação do córrego Brejinho, que atingiu um pico de 1,25 mgL⁻¹, porém as captações apresentaram comportamento muito semelhante ao longo dos anos em estudo, com valores baixos de cloretos, variando de cerca de 0,40 a 0,90 mgL⁻¹.

– Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pípiripau e Mestre D’Armas

Na figura 41 estão apresentadas as concentrações médias de cloreto das captações localizadas nos córregos Pípiripau, Quinze e ribeirão Mestre D’Armas, nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Da mesma maneira que foi observado nas captações de áreas preservadas, no mês de abril do ano 2000 foram observadas as menores concentrações de cloreto nos anos avaliados.

As concentrações de cloreto das captações Pípiripau e Quinze apresentaram comportamento semelhante ao longo dos anos em estudo, salvo algumas exceções.

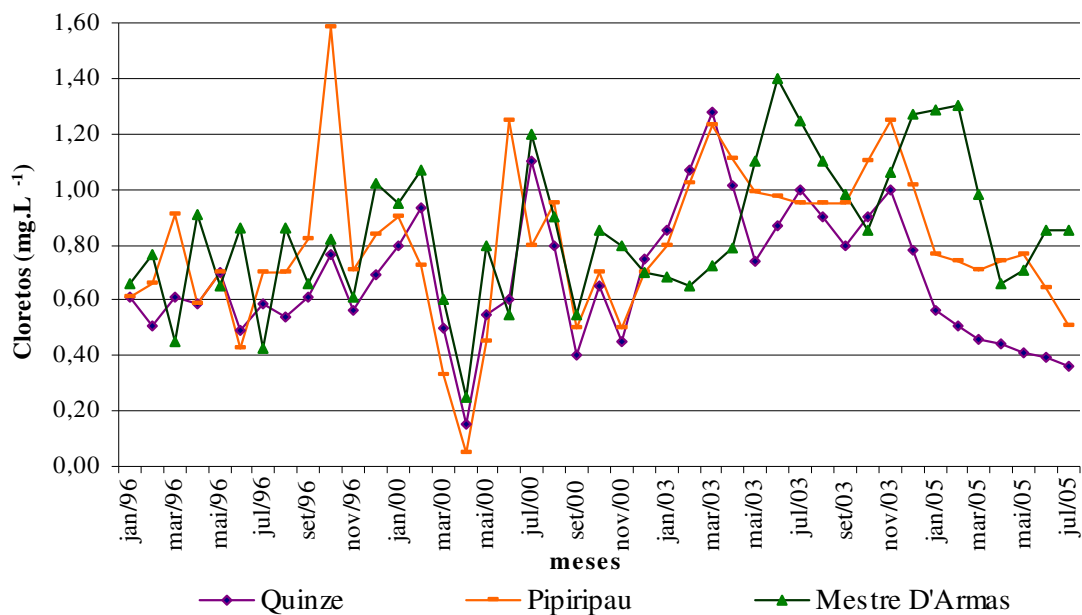


Figura 41 – Cloreto nas captações Pípiripau e Quinze e Mestre D’Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Já a captação Mestre D’Armas apresentou um comportamento distinto em relação às outras duas captações, Pípiripau e Quinze, principalmente no ano 2003. Pode-se verificar que a maioria dos meses dos anos estudados apresentam valores maiores que as outras captações, salvo algumas exceções, particularmente no início de 2003. Esses valores mais altos podem ser justificados pela grande expansão urbana, sem planejamento e sem infra-estruturas sanitárias adequadas, a que a microbacia do ribeirão Mestre D’Armas vem sendo submetida.

3.2.2.7 – Coliformes Fecais

De acordo com o IGAM (2006) o grupo de coliformes totais constitui-se em um grande grupo de bactérias que têm sido isoladas e analisadas de amostras de águas e solos poluídos e não poluídos, bem como de fezes de seres humanos e outros animais de sangue quente.

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal. O grupo coliforme é formado por um número de bactérias que inclui os gêneros *Klebsiella*, *Escherichia*, *Serratia*, *Erwenia* e *Enterobactéria*. Todas as bactérias coliformes são gran-negativas manchadas, de hastes não esporuladas que estão associadas com as fezes de animais de sangue quente e que ocorrem também nos solos (ANA, 2006).

As bactérias coliformes fecais termotolerantes reproduzem-se ativamente a 44,5°C e são capazes de fermentar o açúcar. Por isso, o uso das bactérias coliformes termotolerantes, para indicar poluição sanitária mostra-se mais significativo que o uso da bactéria coliforme total, porque as bactérias fecais estão restritas ao trato intestinal de animais de sangue quente (IGAM, 2006).

A determinação 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, desintéria bacilar e cólera (CETESB, 2006).

– Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

De acordo com a figura 42, onde estão apresentadas as médias dos dados de coliformes fecais encontrados nas captações Fumal, Brejinho e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho), observa-se que a captação Fumal apresentou os valores de coliformes fecais ligeiramente maiores em comparação com as outras duas captações. Nessa captação, o fato de animais domésticos e silvestres terem acesso mais facilitado à água do reservatório da captação, bem como a presença de moradias irregulares com destinação inadequada de esgoto e lixo, podem ser alguns dos fatores que contribuem para esses valores mais altos.

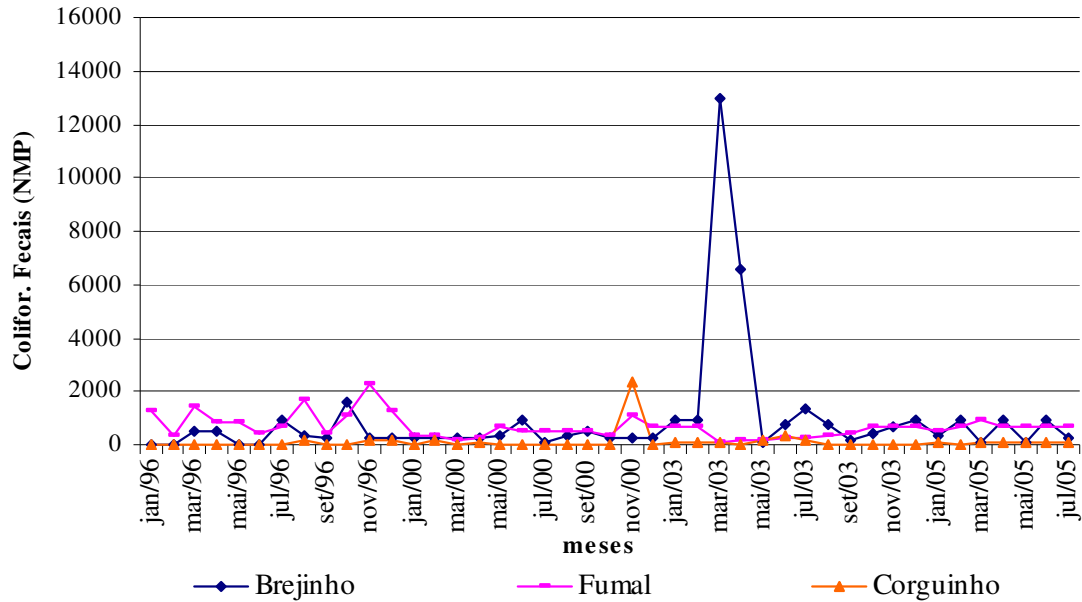


Figura 42 – Coliformes fecais nas captações Brejinho, Fumal e Corguinho nos anos 1996, 2000, 2003 e até julho de 2005.

O Corguinho apresentou as menores médias de coliformes fecais dentre essas três captações em estudo.

– Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pipiripau e Mestre D’Armas

Na figura 43 estão apresentados as médias mensais dos dados de coliformes fecais das captações do córrego Quinze e ribeirões Pipiripau, e Mestre D’Armas, nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

De acordo com a figura, o mês de dezembro de 2000, a captação Pipiripau apresentou o maior valor de coliformes fecais das captações das sub-microbacias de uso antrópico.

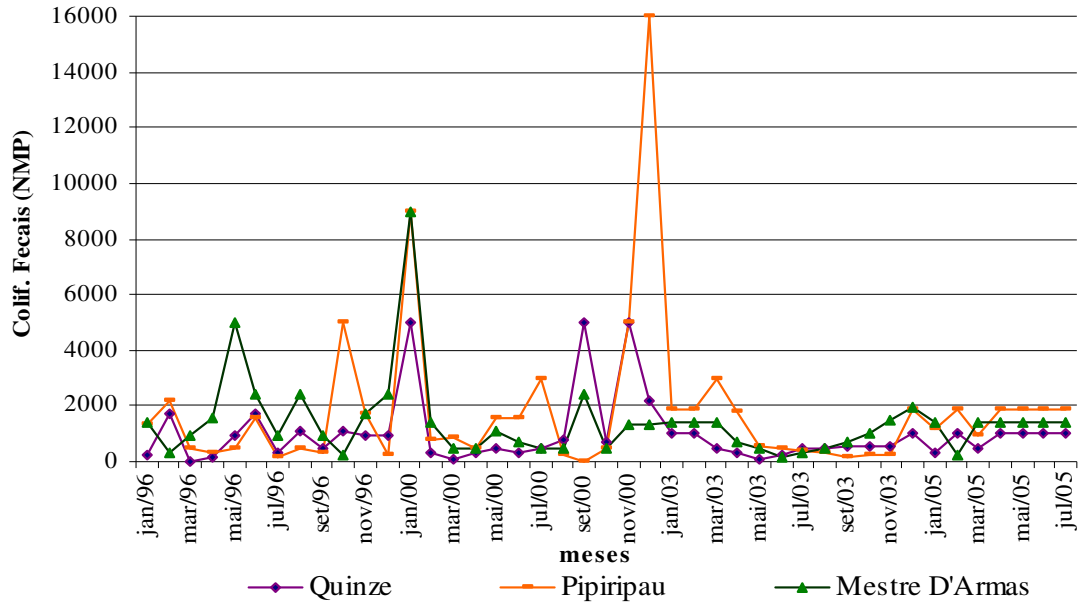


Figura 43 – Coliformes fecais nas captações Pipiripau e Quinze e Mestre D’Armas nos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

Diferentemente do observado nas captações localizadas em áreas preservadas, a amplitude dos valores de coliformes fecais é maior nas captações com uso antrópico as imediações, com variação de cerca de 0 a 16.000, principalmente na sub-microbacia da captação do Pipiripau, onde há o desenvolvimento de atividades agrícolas e de pecuária.

Muito próximo à captação Pipiripau existem áreas de pastagens destinadas à criação de bovinos. Como os coliformes fecais estão presentes nas fezes de animais de sangue quente, a lixiviação de detrito fecais para os curso d’água podem ocorrer, o que é corroborado com a alta precipitação observado nos mês de dezembro de 2000, com valor de 231,3 mm de chuva, constituindo o segundo maior volume observado naquele ano.

Além disso, essa sub-microbacia não possui um sistema adequado de saneamento básico adequado, conforme EMATER (2005).

Campana et al. (1998) verificaram que as concentrações de amônia, ferro solúvel e coliformes fecais estavam acima do máximo permitido pela legislação vigente, no ponto de captação de água Mestre D’Armas da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal – CAESB.

3.2.3 – Avaliação das Médias da Série Histórica dos Parâmetros de Qualidade de Água

Para cada captação localizada na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas foi realizado o teste de Tukey, comparando as médias obtidas nos quatro anos em estudo de cada parâmetro de qualidade de água (turbidez, condutividade, amônia, DQO, pH, cloreto e coliformes fecais) e Índice de Qualidade de Água, nos anos 1996, 2000, 2003 e os meses de janeiro a julho do ano 2005. Os resultados obtidos estão apresentados na tabela 8.

Conforme visto anteriormente, as sub-microbacias possuem ocupações das terras diferenciadas, além de características do meio físico peculiares a cada área, como classes de solo, substrato rochoso, entre outros.

Conforme as médias apresentadas na tabela 8 verificou-se que essas características alteram a qualidade da água de diversas maneiras.

scm μ -1

Tabela 8 – Médias dos parâmetros de qualidade de água, nos pontos de captação dos córregos Brejinho, Fumal, Corguinho, Pipiripau, Quinze e Mestre D'Armas ao longo da série histórica estudada.

	Áreas de proteção ambiental			Áreas agrícolas e urbanas		
	Brejinho	Fumal	Corguinho	Quinze	Pipiripau	M. D'Armas
Turbidez (μt)	1,80a	3,01ab	0,99a	4,78ab	21,31b	15,62ab
Condutividade (scmμ ⁻¹)	4,68a	63,49b	6,51a	5,62a	24,12c	7,33a
Amônia (mgL ⁻¹)	0,04ac	0,07abc	0,03a	0,06ad	0,12be	0,08cde
DQO (mgL ⁻¹)	1,54a	1,68a	1,52a	2,41a	3,48b	2,35a
pH	6,74a	7,18b	6,45c	6,74a	7,11b	6,36c
Cloreto (mgL ⁻¹)	0,63a	0,59a	0,56a	0,68ab	0,80bc	0,85c
Coli. Fecais (NMP/ml)	926,30abcd	624,20acd	122,89c	993,21abcd	1.760,87b	1.366,98bd
IQA	80,29ab	76,86cb	82,25a	73,98c	65,29d	67,51d

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

- Turbidez

De acordo com a tabela 8, dentre as captações localizadas em áreas preservadas, a captação do córrego Fumal apresentou a maior média para o parâmetro turbidez. Já nas áreas agrícolas e urbanas a maior média foi encontrada na captação do ribeirão Pipiripau.

As captações localizadas nas áreas com ocupações das terras de áreas preservadas, apresentam valores de turbidez superiores em relação às captações de ocupação antrópica. Por meio do teste de Tukey verificou-se, com exceção da captação Pipiripau, que todas as captações apresentaram médias que, estatisticamente, não diferiram. Contudo, as captações localizadas nas áreas antropizadas e a captação Fumal apresentaram médias estatisticamente semelhantes.

Conforme foi visto anteriormente, na sub-microbacia da captação do córrego Fumal, existem muitos fatores que podem contribuir para o aumento da turbidez. Existem algumas características de áreas antropizadas que estão presentes nessa sub-microbacia, como a presença de animais domésticos de grande porte e a retirada da vegetação nativa. Fatores que podem provocar o aumento do escoamento superficial da água e conseqüentemente, o transporte de detritos para o curso d'água.

- Condutividade Elétrica

A captação Fumal apresentou valores muito superiores de condutividade, em relação a todas as outras captções em estudo, como pode ser observado pelos dados da tabela 8. As médias das captções Brejinho, Corguinho, Quinze e Mestre D'Armas não diferiram entre si. Entretanto, nas captções Fumal e Pipiripau as médias diferiram das demais captções e também entre si.

A geologia local, com presença de rochas carbonáticas, é provavelmente a responsável pela condutividade alta na captação Fumal, assim como o manejo inadequado da calagem na captação Pipiripau pode, também colaborar para o aumento da condutividade elétrica.

- Amônia

Dentre as captções em estudo, a captação localizada no córrego Corguinho apresentou a menor concentração média de amônia, enquanto a captação do ribeirão Pipiripau apresentou a maior concentração média, conforme mostram os dados da tabela 8. Com relação às captções localizadas nas áreas de preservação ambiental, juntamente com a captação Quinze, as médias não diferiram entre si. Entretanto, a captação Pipiripau apresentou média estatisticamente semelhante à da captação do córrego Fumal.

A sub-microbacia do ribeirão Pipiripau é ocupada essencialmente por atividades agrícolas, plantio de culturas anuais e também olerícolas (EMATER, 2005). Em função do uso excessivo de fertilizantes, que é requerido pelas culturas, em especial as olerícolas, o nitrogênio, também na forma de amônia, pode ser transportado aos cursos d'água por meio do escoamento superficial da água ou por meio da lixiviação. Além disso, a retirada da Mata de Galeria e o desenvolvimento dessas atividades agrícolas muito próximas aos cursos d'água podem agravar ainda mais a qualidade da água, conforme salientado por Aheran, et al. (2005). Esses fatores podem justificar, em parte, os aumentos de concentração média de amônia na captação Pipiripau e Fumal, respectivamente.

- Demanda Química de Oxigênio

De acordo com os dados da tabela 8, a captação Pipiripau apresentou a maior média de demanda química de oxigênio e foi a única que diferiu das demais captações. Esse dado pode indicar que na captação Pipiripau grande parte dos detritos presentes na água são de origem orgânica. Como a água captada é para abastecimento público de água, ela necessita passar por processo de cloração para a desinfecção, processo esse, que em condições de excesso de matéria orgânica na água, pode ser prejudicial, podendo produzir substâncias tóxicas aos seres humanos, como os trihalometanos.

Essa média alta de DQO pode também indicar que ocorrem lançamentos de efluentes domésticos, além de resíduos decorrentes de produção de suínos, atividade essa presente na sub-microbacia do ribeirão Pipiripau (EMATER, 2005).

- pH

Com relação ao pH, a captação do córrego Fumal apresentou a média mais alta, em relação às demais captações. As captações Brejinho e Quinze apresentaram médias iguais de pH. As captações Pipiripau e Fumal apresentaram médias que não diferiram entre si. As médias das captações Mestre D'Armas e Corguinho são praticamente iguais.

As razões para as médias de pH da captação Fumal e Pipiripau serem as mais altas e não diferirem estatisticamente entre si mesmas, são distintas. Na captação Fumal, a geologia, com a presença de rochas carbonáticas é provavelmente o fator que promove o aumento do pH nessa captação. Já a captação Pipiripau está localizada numa sub-microbacia essencialmente agrícola e não há um fator natural que justifique esses valores de pH básicos, a não ser o manejo químico utilizado nas lavouras com a aplicação de calcário para a correção do solo (EMATER, 2005). Essa aplicação de calcário pode ser um dos fatores que elevaram o pH da água na captação do córrego Pipiripau. O que é corroborado com os valores também mais elevados de condutividade conforme já discutido anteriormente.

- Cloreto

A captação Mestre D'Armas apresentou a maior concentração média de cloreto. Nas captações localizadas nas áreas de preservação ambiental (Brejinho, Fumal e Corguinho) e na captação Quinze, as concentrações médias de cloreto foram considerados estatisticamente similares.. Contudo, a concentração média de cloreto na captação Quinze e Pipiripau foram estatisticamente semelhantes. E a captação Mestre D'Armas e Pipiripau também apresentaram médias que não diferiram entre si.

A expansão urbana desordenada, sem planejamento e infra-estruturas sanitárias adequadas, a que a microbacia do ribeirão Mestre D'Armas vem sendo submetida, e a exploração inadequada do solo por meio do uso intensivo de fertilizantes químicos nas sub-microbacias das captações Quinze e Pipiripau, respectivamente podem justificar esses resultados.

- Coliformes Fecais

A maior concentração média de coliformes fecais foi observada na captação Pipiripau. Somente as captações Corguinho e Fumal diferiram estatisticamente da captação do ribeirão Pipiripau.

Pode-se justificar a maior média de coliformes fecais na captação Pipiripau, visto que na sub-microbacia, há o desenvolvimento de atividades agrícolas e de pecuária. Ocorrem áreas de pastagens destinadas à criação de bovinos em áreas muito próximas à captação. Além disso, essa sub-microbacia não possui um sistema adequado de saneamento básico adequado, conforme destacado pela EMATER (2005).

- Índice de Qualidade de Água

Quando comparadas as médias dos Índices de Qualidade de Água, a captação Pipiripau e Mestre D'Armas apresentaram as menores médias e não diferiram entre si, mas as médias foram diferentes das demais captações. Ou seja, essas captações apresentam as piores qualidades de água, dentre as demais estudadas, conforme foi confirmado pelos parâmetros de qualidade da água avaliados individualmente.

As captações Quinze e Fumal apresentaram médias que também não diferiram entre si. As captações dos córregos Brejinho e Corguinho apresentaram médias iguais, sendo as médias de IQA que indicam as melhores qualidades, também concordando com o estudo realizado dos parâmetros de qualidade da água para cada estação, avaliados separadamente.

3.2.4 – Avaliação das Correlações dos Parâmetros de Qualidade da Água

O estudo de correlações possibilita indicar quais os parâmetros utilizados no estudo possuem relação entre si e se essa relação é positiva ou negativa.

As correlações foram geradas para cada captação separadamente, utilizando os dados dos parâmetros turbidez, condutividade, amônia, DQO, pH, cloreto, coliformes fecais e os dados de volume de chuva precipitado dos anos 1996, 2000, 2003 e 2005 (janeiro a julho).

– Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

– Captação do córrego Brejinho

Na captação Brejinho, a correlação entre os parâmetros de qualidade de água, mostrou correlação significativa positiva da turbidez com a DQO e com a precipitação, a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente (Tabela 9).

Tabela 9 – Correlação de *Pearson* dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Brejinho.

	Turbidez	Cond.	Amônia	DQO	pH	Cloreto	C. Fecais	Precipitação
Turbidez	1	-0,094	-0,098	0,464**	-0,395**	-0,047	-0,083	0,532**
Cond.		1	0,038	-0,121	-0,217	-0,047	-0,044	0,021
Amônia			1	-0,043	0,347*	0,153	-0,062	0,059
DQO				1	-0,400**	-0,199	-0,037	0,387*
pH					1	-0,011	0,091	-0,260
Cloreto						1	0,168	-0,136
C. Fecais							1	0,220
Precipitação								1

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

Cond: condutividade elétrica

C. Fecais: Coliformes Fecais

As correlações significativas verificadas com a precipitação podem ser decorrentes do volume, intensidade e tempo de duração da chuva, além das características do tipo de solo e uso das terras, podendo provocar o escoamento superficial da água da chuva. Juntamente com água, detritos podem ser levados também aos córregos e ribeirões, elevando assim a turbidez. Dependendo do tipo de detrito, se for orgânico, pode elevar também a DQO, o que é confirmado, também, pela correlação significativa entre a turbidez e a DQO na captação Brejinho.

Com relação ao pH, a turbidez e a DQO, apresentaram correlação significativa negativa, ou seja, quando os parâmetros de turbidez e DQO aumentam, o que ocorreu nos períodos chuvosos dos anos em estudo, o pH se torna mais ácido, podendo ser atribuído aos ácidos orgânicos provenientes da decomposição de matéria orgânica, bem como a própria água da chuva, geralmente mais ácida. Mas não foi observada correlação positiva entre a precipitação e o pH, o que não foi observado por Carvalho (2000) que verificou correlação positiva entre essas variáveis. Observou que o pH aumenta no período chuvoso e atribui isso à diluição dos

ácidos orgânicos liberados num trecho alagadiço para dentro do curso d'água, na área em estudo.

– Captação do córrego Fumal

Os resultados das correlações obtidos entre os parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação do córrego Fumal, estão apresentados na tabela 10.

Verificou-se correlação positiva e significativa a 5 e 1% de probabilidade da turbidez com a DQO e ambos com a precipitação. Tal com descrito na captação do córrego Brejinho, essas correlações podem estar relacionadas ao escoamento superficial da água da chuva, que pode carrear detritos para o curso d'água, elevando a turbidez, e se os detritos forem orgânicos elevam também a DQO.

Tabela 10 – Correlação de *Pearson* dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Fumal.

	Turbidez	Cond.	Amônia	DQO	pH	Cloreto	C. Fecais	Precipitação
Turbidez	1	-0,516**	-0,004	0,558**	-0,077	0,126	0,036	0,462**
Cond.		1	-0,096	-0,624**	0,433**	0,181	0,053	-0,718**
Amônia			1	-0,047	0,038	0,183	-0,051	0,168
DQO				1	-0,462**	-0,299	-0,081	0,476**
pH					1	0,099	0,300	-0,263
Cloreto						1	0,019	-0,004
Coli. Fecais							1	0,169
Precipitação								1

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

Cond: condutividade elétrica

C. Fecais: Coliformes Fecais

Já a condutividade apresentou correlação negativa e significativa com a precipitação, ou seja, quanto maior o aumento do volume precipitado, menor a condutividade. O aumento das chuvas pode diminuir as concentrações de elementos em solução nas drenagens, contribuindo para a redução dos valores de condutividade. Como foi visto anteriormente, os valores de condutividade encontrados na captação Fumal são muito altos e discrepantes das demais captações em estudo, o que indica que há um controle local, provavelmente geológico, com a presença de rochas carbonáticas. Com o aumento da precipitação, o volume de água na captação é maior o que pode diluir as concentrações de íons presentes em solução nos cursos d'água, fazendo com que os valores de condutividade diminuam no período chuvoso.

Outra informação que reforça essa hipótese é a correlação negativa entre a DQO e a turbidez com a condutividade. Com o aumento da precipitação e o conseqüente aumento da DQO e da turbidez, em função do carreamento de detritos pela água da chuva para o curso d'água, a condutividade diminui.

Além disso, a condutividade e o pH também apresentaram correlação positiva e significativa a 5 e 1% de probabilidade. Como foi visto anteriormente, os valores de pH na captação Fumal são na maioria básicos, o que também reforça a indicação de um possível controle local, com presença de litologias carbonáticas, pois à medida que a condutividade aumenta o pH também aumenta. O mesmo foi verificado na captação Pípiripau, porém em função de operações de calagem provavelmente incorretas e excessivas

– Captação do córrego Corguinho

Na tabela 11 estão apresentados as correlações obtidas entre os parâmetros de qualidade de água e a precipitação dos anos 1996, 2000, 2003 e dos meses de janeiro a julho de 2005, na captação Corguinho.

A correlação significativa e positiva entre a precipitação e parâmetros de qualidade de água foi observada com a turbidez, condutividade e amônia. Diferentemente do observado nas captações Fumal e Brejinho, na captação do córrego Corguinho, com o aumento das chuvas, a condutividade, também aumenta. Dessa forma há indicação do carreamento de partículas sólidas para os cursos d'água.

Tabela 11 – Correlação de Pearson dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Corguinho.

	Turbidez	Cond.	Amônia	DQO	pH	Cloreto	C. Fecais	Precipitação
Turbidez	1	0,198	0,153	0,321*	-0,120	-0,016	0,925**	0,394**
Cond.		1	-0,034	-0,168	0,057	-0,034	0,116	0,366*
Amônia			1	-0,005	0,017	-0,333*	0,107	0,370*
DQO				1	-0,435**	-0,091	0,275	0,076
pH					1	0,218	-0,137	-0,057
Cloreto						1	-0,025	0,112
C. Fecais							1	0,277
Precipitação								1

* Correlação significante ao nível de 0,05.

** Correlação significante ao nível de 0,01.

Cond: condutividade elétrica

C. Fecais: Coliformes Fecais

Dentre as três captações em estudo em áreas de preservação ambiental, a do Corguinho foi a única a apresentar correlação significativa de coliformes fecais com a turbidez. Pelo fato

de parte da área ser usada para a pecuária, com áreas cobertas por pastagens, quando há um evento de precipitação, desde que observadas as condições de intensidade, volume, tempo de duração das chuvas e o meio físico da área, pode ocorrer o carreamento de material para o curso d'água, em destaque para os excrementos de bovinos, que podem elevar a DQO, por ser material orgânico e coliformes fecais presentes nas fezes de animais de sangue quente.

– Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e dos Ribeirões Pípiripau e Mestre D'Armas

– Captação do córrego Quinze

De acordo com a tabela 12, das correlações obtidas entre os parâmetros de qualidade de água e a precipitação na captação do córrego Quinze, verificou-se a correlação positiva dos parâmetros turbidez e condutividade com a precipitação. O que indica que o aumento da turbidez ocorre em função do aumento da precipitação, em que materiais são transportados para os corpos d'água, por meio do escoamento superficial da água. Como a condutividade também aumenta com a precipitação, isso pode indicar que há a lixiviação de íons para os corpos d'água e esses são provenientes provavelmente das adubações químicas realizadas na área, uma vez que a área é essencialmente agrícola.

Tabela 12 – Correlação de Pearson dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Quinze.

	Turbidez	Cond.	Amônia	DQO	pH	Cloreto	C. Fecais	Precipitação
Turbidez	1	0,538**	0,052	0,323*	-0,247	0,071	0,571**	0,474**
Cond.		1	-0,004	0,192	-0,037	0,375*	0,226	0,473**
Amônia			1	-0,084	-0,095	0,051	0,028	0,136
DQO				1	-0,283	-0,216	0,175	0,293
pH					1	0,420**	-0,323*	-0,194
Cloreto						1	-0,215	0,058
C. Fecais							1	0,276
Precipitação								1

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

Cond: condutividade elétrica

C. Fecais: Coliformes Fecais

A condutividade, DQO e coliformes fecais apresentaram correlação positiva com a turbidez, o que indica que os materiais carreados para o curso d'água também devem ser de origem orgânica e também devem conter dejetos de animais de sangue quente.

Já o cloreto apresentou correlação positiva com a condutividade e pH. Dessa forma a condutividade é influenciada pela concentração de cloreto, que pode indicar uma contaminação por esgotos domésticos e adubações químicas.

– Captação do ribeirão Pipiripau

Na tabela 13 estão apresentados as correlações obtidas na captação do ribeirão Pipiripau, entre os parâmetros de qualidade de água e a precipitação.

De maneira semelhante ao observado na captação do córrego Quinze, os parâmetros amônia, DQO e coliformes fecais apresentaram correlação positiva e significativa com a turbidez. Porém, apenas a DQO e coliformes fecais apresentaram correlação significativa com a precipitação. Estas observações indicam que o aumento da turbidez nessa captação é influenciado principalmente por materiais orgânicos e o fato da turbidez não apresentar correlação com a precipitação, também é um indicativo de que há o despejo de dejetos na água do ribeirão Pipiripau.

Tabela 13 – Correlação de *Pearson* dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Pipiripau.

	Turbidez	Cond.	Amônia	DQO	pH	Cloreto	C. Fecais	Precipitação
Turbidez	1	-0,025	0,783**	0,861**	0,104	0,095	0,862**	0,211
Cond.		1	0,175	-0,010	0,159	0,300	-0,022	0,207
Amônia			1	0,662**	0,161	0,271	0,576**	0,131
DQO				1	0,016	0,108	0,852**	0,417**
pH					1	0,238	-0,053	-0,116
Cloreto						1	0,049	0,005
C. Fecais							1	0,347*
Precipitação								1

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

Cond: condutividade elétrica

C. Fecais: Coliformes Fecais

A correlação de coliformes fecais com a amônia, a DQO e a turbidez indica também que os resíduos ou materiais que são encontrados na água são de origem orgânica, podendo esses serem fontes de contaminação biológica. De acordo com a EMATER (2005) nessa sub-microbacia não há praticamente coleta de lixo e estações de tratamento de esgoto. Além disso, verificou-se também na região criações de suínos e aves, atividades essas, que geram muitos resíduos, que se não forem dispostos corretamente, podem atingir as drenagens alterando a qualidade da água.

– Captação do ribeirão Mestre D’Armas

A tabela 14 mostra os dados das correlações dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação do ribeirão Mestre D’Armas. Verifica-se que a turbidez, a condutividade e a DQO apresentaram correlação significativa com a precipitação, ou seja, com o aumento da precipitação há o carreamento de materiais para o curso d’água elevando assim a turbidez, a DQO e a condutividade. Com o aumento da DQO também aumenta o indicativo que parte desses detritos são de origem orgânica.

Tabela 14 – Correlação de *Pearson* dos parâmetros de qualidade de água e precipitação na captação Mestre D’Armas.

	Turbidez	Cond.	Amônia	DQO	pH	Cloreto	C. Fecais	Precipitação
Turbidez	1	0,348*	0,044	0,572**	-0,168	-0,023	0,022	0,305*
Cond.		1	0,168	0,421**	-0,065	0,362*	0,128	0,512**
Amônia			1	0,294	0,026	0,017	-0,229	-0,067
DQO				1	-0,317*	-0,080	0,226	0,375*
pH					1	0,073	0,021	0,161
Cloreto						1	-0,010	0,106
C. Fecais							1	0,210
Precipitação								1

* Correlação significativa ao nível de 0,05.

** Correlação significativa ao nível de 0,01.

Cond: condutividade elétrica

C. Fecais: Coliformes Fecais

Da mesma maneira como ocorreu na captação do córrego Quinze, na captação do ribeirão Mestre D’Armas também foi observado correlação positiva entre a condutividade e a concentração de cloreto, indicando uma possível contaminação por esgotos, uma vez que não há correlação com a precipitação pluviométrica. De acordo com Lewis et al. (2007), as concentrações de nitrato, sulfato e cloreto foram correlacionadas positivamente com a taxa de ocupação das terras urbanas.

IV – CONCLUSÕES

1 – A ocupação antrópica das terras provocou alterações na qualidade da água na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas.

2 – Verificou-se que a agricultura ocupa a maior área, 56,4% da área da microbacia do ribeirão Mestre D'Armas.

3 – As áreas com a vegetação nativa preservada estão restritas basicamente à Estação Ecológica de Águas Emendadas.

4 – A atividade agrícola, principalmente a produção de olerícolas, foi a atividade antrópica que provocou a maior deterioração da qualidade da água observada nas captações em estudo.

5 – Dentre as captações de água localizadas em sub-microbacias, com vegetação nativa preservada, a captação do córrego Fumal foi a que apresentou a pior qualidade de água.

6 – A localização da captação Fumal em uma estação ecológica, com a preservação da mata nativa, não foi suficiente para assegurar a qualidade da água.

7 – Entre as captações localizadas em sub-microbacias de uso agrícola e urbano, a captação do ribeirão Pípiripau foi a que apresentou a pior qualidade ao longo dos anos em estudo.

8 – A captação do ribeirão Pípiripau representa a de pior qualidade da água e a captação do córrego Corguinho a de melhor qualidade.

9 – Observou-se correlação positiva entre a precipitação pluviométrica com a turbidez e a demanda química de oxigênio.

10 - Nas captações localizadas em áreas agrícolas e urbanizadas, foi observada a correlação positiva entre a precipitação pluviométrica e a turbidez, assim como com a DQO, amônia, coliformes fecais e a condutividade elétrica e cloreto.

V – RECOMENDAÇÕES

O presente estudo indicou que há problemas ambientais envolvendo a ocupação inadequada das terras, com conseqüência negativa para os recursos hídricos, na microbacia do ribeirão Mestre D'Armas. Com isso faz-se necessário um maior monitoramento dos recursos naturais, em especial a água.

Dessa forma, recomenda-se o aperfeiçoamento do Índice de Qualidade de Água - IQA utilizado pela CAESB, adequando os parâmetros que compõe o IQA com os dos índices utilizados em outros estados do Brasil. Pois assim, será possível diagnosticar de maneira mais clara a situação ambiental dos recursos hídricos do Distrito Federal, possibilitando a comparação da qualidade da água do DF com a dos demais estados brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHEARN, D. S.; SHEIBLEY, R. W.; DAHLGREN, R. A. ANDERSON, M.; JOHNSON, J.; TATE K. W. Land use and land cover influence on water quality in the last free-flowing river draining the western Sierra Nevada, California. **Journal of hydrology**. vol. 313, n^o3-4, 2005. p. 234-247.

ANA – Agência Nacional de Águas. **Panorama da Qualidade das Águas Superficiais no Brasil**. Brasília: 2005. 265p.

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**, v. 56, dez. 1999, p. 125-134.

BAPTISTA, G. M. M. Caracterização climatológica do Distrito Federal. In: **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**. Brasília: IEMA/SEMATEC/UnB, ed. 1, 1998. p. 187-208.

BILICH, M. R.; LACERDA, M. P. C. **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia: INPE, Brasil, 16-21 abril 2005, p. 2059-2065.

CAMPANA, N. A.; MONTEIRO, M. P.; BRANDÃO, C. C.; KOIDE, S. Avaliação qualitativa dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal. In: **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**, vol. 2, Brasília: IEMA/SEMATEC/UnB, 1998, p. 112-130.

CAMPOS, J. E. G. Hidrogeologia do Distrito Federal: Bases para a gestão dos Recursos Hídricos Subterrâneos. **Revista Brasileira de Geociências**, v.34, n.1, março 2004, p.41-48.

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

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, **Variáveis de Qualidade de Água**. <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/rios/variaveis.asp>. acessado em:22/01/2006

CORINE - Land Cover Project. **European Environment Project**. 1995.

CRÓSTA, A. P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170p.

EITEN,G. The cerrado vegetation of Brazil. **Botanical Review**, v. 38, n. 2, p. 201-341, 1972.

EMATER – Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural, Principais Atividades Agropecuárias, RA: Planaltina, 2005.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412p.

EMBRAPA, **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro: Boletim técnico, n. 53, SNLCS, 1978.

FERRANTE, J. E. T. NETTO, P. B. Clima In: FONSECA, F. **Olhares sobre o Lago Paranoá**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2000.

FERRANTE, J. E. T; NETTO, P. B. Hidrografia In: FONSECA, F. O., **Olhares sobre o Lago Paranoá**. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, 2000.

FREITAS – SILVA, F. H.; CAMPOS, J. E. G. Geologia do Distrito Federal. In: Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, vol. 1, Brasília, IEMA/SEMATEC/UnB, 1998, p. 01-87.

FREITAS-SILVA, F. H.; DARDENNE, M. A. 1994. Proposta de subdivisão estratigráfica formal para o grupo Canastra no oeste de Minas Gerais e leste de Goiás. In: **Simpósio Geológico do Centro Oeste**. Brasília: SBG-DF/CO, 1991, p.164-165,

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIST, S. L. Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**. vol.9, no.3 Campinas: July/Sept, 2005.

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão de Águas, **Projeto Águas de Minas**. http://aguas.igam.mg.gov.br/aguas/htmls/aminas_param_indi.htm. acessado em: 20/02/2006.

LEWIS, G. P.; RODRIGUEZ, J.; ANDERSEN, C. B.; LIAO, M.; Relationships between land cover and water quality parameters in streams of northwestern South Carolina, **Southeastern Section–56th Annual Meeting**, 29–30 March, 2007.

MADALOSSO, A.; VALLE, C. R. O. Considerações sobre a Estratigrafia e Sedimentologia do Grupo Bambuí na Região de Paracatu – Morro Agudo. In: **30 Congresso Brasileiro de Geologia**. Recife: SBG, vol. 2, 1978. p. 622-634.

MARTINS, E. S. Sistemas Pedológicos do Distrito Federal. In: **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal**. vol. 1, Brasília: IEMA/SEMATEC/UnB, 1998. p.139-163.

PINELLI, M. P. **Geoquímica das Águas e Sedimentos da Bacia do São Bartolomeu Brasília-DF**. Brasília: Universidade de Brasília, 1999. Dissertação de Mestrado.

PRADO, R. B.; NOVO, E. M. L. M. Aplicação de geotecnologias na modelagem do potencial poluidor das sub-bacias de contribuição para o reservatório de Barra Bonita – SP relacionado à qualidade da água. In: **XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia: INPE, 2005. p. 3253-3260.

TOLEDO, L. G. NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Scientia Agrícola**. Piracicaba: vol 59, n. 1, jan/mar 2004.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. v.1. In: **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 2.ed. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

ANEXOS

Médias Mensais dos Parâmetros de Qualidade da Água Avaliados

- Áreas de Proteção Ambiental – Pontos de Captação dos Córregos Brejinho, Fumal e Corguinho

Meses	Turbidez			Amônia		
	Brejinho	Fumal	Corguinho	Brejinho	Fumal	Corguinho
jan/96	1,40	1,50	0,50	0,03	0,03	0,03
fev/96	1,50	1,30	0,44	0,03	0,05	0,03
mar/96	1,60	4,44	0,50	0,03	0,07	0,03
abr/96	1,50	2,26	0,50	0,03	0,03	0,03
mai/96	1,20	1,52	0,50	0,03	0,03	0,03
jun/96	2,10	1,60	0,51	0,03	0,03	0,03
jul/96	1,70	1,50	0,60	0,04	0,09	0,03
ago/96	1,40	2,08	1,20	0,03	0,03	0,03
set/96	1,40	1,85	0,83	0,03	0,03	0,03
out/96	2,12	2,08	1,10	0,04	0,05	0,03
nov/96	1,98	2,78	1,08	0,03	0,06	0,03
dez/96	4,20	9,50	0,90	0,03	0,09	0,03
jan/00	1,90	18,90	0,92	0,02	0,06	0,02
fev/00	2,24	6,83	1,48	0,02	0,06	0,05
mar/00	1,89	3,01	0,99	0,03	0,11	0,06
abr/00	1,72	2,58	0,79	0,02	0,02	0,04
mai/00	1,48	2,33	0,64	0,05	0,02	0,02
jun/00	1,25	1,99	0,49	0,06	0,04	0,02
jul/00	1,79	1,98	0,59	0,02	0,02	0,02
ago/00	1,40	1,53	0,61	0,03	0,02	0,02
set/00	1,41	2,05	0,57	0,02	0,02	0,02
out/00	1,33	2,00	0,64	0,02	0,02	0,02
nov/00	2,22	5,74	7,31	0,02	0,03	0,04
dez/00	1,67	3,12	2,41	0,37	0,40	0,03
jan/03	2,14	2,26	1,60	0,02	0,23	0,07
fev/03	1,84	2,50	0,78	0,03	0,13	0,11
mar/03	1,53	2,74	0,70	0,03	0,03	0,07
abr/03	1,62	2,46	0,61	0,03	0,02	0,03
mai/03	1,71	2,17	0,58	0,02	0,02	0,02
jun/03	1,48	1,77	0,55	0,02	0,19	0,02
jul/03	1,25	1,37	0,54	0,02	0,35	0,02
ago/03	1,43	1,39	0,52	0,08	0,19	0,02
set/03	1,60	1,40	0,76	0,15	0,02	0,02
out/03	1,80	1,80	1,00	0,09	0,02	0,02
nov/03	2,00	2,20	0,80	0,04	0,02	0,02
dez/03	1,90	2,20	0,60	0,03	0,02	0,02
jan/05	1,80	2,80	0,95	0,02	0,02	0,02
fev/05	2,20	3,45	1,30	0,02	0,06	0,02
mar/05	2,60	4,10	1,20	0,02	0,09	0,04
abr/05	2,40	3,40	1,10	0,02	0,06	0,05
mai/05	2,20	2,70	0,85	0,02	0,02	0,04
jun/05	1,85	2,35	0,60	0,02	0,02	0,02
jul/05	1,50	2,00	1,55	0,02	0,02	0,03

Meses	Demanda Química de Oxigênio			Condutividade		
	Brejinho	Fumal	Corguinho	Brejinho	Fumal	Corguinho
jan/96	0,80	0,50	0,40	2,30	73,01	4,16
fev/96	1,20	1,00	0,70	2,11	65,18	4,29
mar/96	1,50	2,23	1,70	2,50	49,86	7,00
abr/96	1,20	1,28	1,70	2,03	66,68	4,40
mai/96	1,00	1,13	1,10	2,38	72,63	6,20
jun/96	0,90	1,03	0,90	2,50	81,30	6,39
jul/96	0,70	0,59	0,30	3,03	81,45	4,51
ago/96	1,30	1,30	1,30	2,70	84,80	5,75
set/96	1,30	0,67	1,20	2,48	73,67	4,83
out/96	2,00	1,75	1,40	2,92	74,95	4,77
nov/96	1,25	1,13	1,20	3,48	62,18	7,12
dez/96	2,69	2,00	0,50	5,24	56,63	9,76
jan/00	4,13	4,52	3,17	7,01	35,70	11,34
fev/00	1,80	2,69	1,48	3,30	48,36	5,96
mar/00	2,06	2,88	0,74	5,41	63,97	7,03
abr/00	1,12	0,96	0,86	3,39	72,90	6,85
mai/00	3,65	2,38	2,03	4,39	73,70	4,44
jun/00	0,20	0,31	1,79	4,10	76,10	4,89
jul/00	0,35	0,45	0,71	6,90	76,70	4,59
ago/00	1,15	2,22	2,23	5,17	88,20	4,80
set/00	0,60	1,02	0,68	42,60	70,50	23,90
out/00	1,26	1,53	1,41	6,40	65,50	7,10
nov/00	1,35	2,04	2,99	4,43	50,00	9,51
dez/00	1,81	2,36	1,12	8,75	57,60	12,64
jan/03	1,68	1,29	1,21	2,57	51,40	9,43
fev/03	1,55	1,57	1,29	3,08	52,90	6,21
mar/03	1,42	1,85	1,15	3,58	54,40	5,85
abr/03	1,21	1,38	1,00	3,06	57,85	5,48
mai/03	1,00	0,91	1,13	2,54	61,30	5,28
jun/03	0,65	0,63	1,25	3,94	66,45	5,08
jul/03	0,29	0,34	1,11	5,33	71,60	4,68
ago/03	0,67	0,53	1,11	3,83	73,60	4,28
set/03	1,05	0,72	1,95	2,32	75,60	5,29
out/03	1,03	0,81	2,79	2,57	74,20	6,30
nov/03	1,00	0,89	1,96	2,81	72,80	7,62
dez/03	1,04	0,89	1,13	4,31	72,80	8,93
jan/05	1,08	1,62	1,21	5,80	24,40	8,01
fev/05	2,42	3,04	1,28	4,30	33,55	7,09
mar/05	3,76	4,46	2,64	2,80	42,70	5,36
abr/05	3,04	3,83	4,00	3,30	46,40	3,62
mai/05	2,32	3,20	3,15	3,80	50,10	3,11
jun/05	2,67	3,18	2,30	3,24	58,80	2,60
jul/05	3,02	3,16	1,90	2,67	67,50	3,35

Meses	pH			Cloreto		
	Brejinho	Fumal	Corguinho	Brejinho	Fumal	Corguinho
jan/96	6,50	7,70	6,80	0,51	0,30	0,61
fev/96	7,20	7,80	7,10	0,61	0,62	0,51
mar/96	6,50	7,01	6,70	0,61	0,59	0,51
abr/96	7,40	7,08	7,30	0,70	0,63	0,59
mai/96	7,20	7,40	7,10	0,54	0,54	0,59
jun/96	6,20	7,87	6,80	0,54	0,59	0,59
jul/96	7,00	7,68	7,40	0,49	0,57	0,43
ago/96	7,80	7,97	6,50	0,43	0,59	0,49
set/96	6,60	7,53	6,30	0,61	0,56	0,87
out/96	6,00	7,55	6,70	0,77	0,73	0,66
nov/96	6,40	7,38	6,53	0,64	0,57	0,72
dez/96	6,34	7,20	7,30	0,77	0,61	0,77
jan/00	6,27	7,41	6,63	0,90	0,80	0,85
fev/00	6,37	6,76	6,20	0,72	0,77	0,73
mar/00	6,86	6,94	5,72	0,33	0,30	0,40
abr/00	6,67	7,08	6,32	0,05	0,05	0,10
mai/00	6,93	7,21	6,14	0,45	0,50	0,60
jun/00	6,34	7,40	6,28	1,25	0,55	0,45
jul/00	7,39	7,33	6,32	0,80	0,85	0,75
ago/00	6,86	7,17	6,32	0,95	0,85	0,70
set/00	6,10	6,92	6,48	0,50	0,50	0,35
out/00	6,32	7,18	6,72	0,70	0,55	0,85
nov/00	6,29	6,92	6,21	0,50	0,70	0,50
dez/00	7,42	7,17	6,78	0,70	0,75	0,60
jan/03	6,68	7,46	6,70	0,65	0,60	0,50
fev/03	6,83	7,18	6,62	0,72	0,62	0,40
mar/03	6,98	6,89	6,54	0,79	0,64	0,43
abr/03	7,10	7,15	6,45	0,69	0,62	0,45
mai/03	7,21	7,40	6,25	0,59	0,59	0,64
jun/03	6,97	7,30	6,05	0,72	0,67	0,82
jul/03	6,73	7,20	6,37	0,85	0,75	0,66
ago/03	7,02	6,95	6,69	0,78	0,80	0,50
set/03	7,30	6,70	6,45	0,70	0,85	0,53
out/03	7,15	6,90	6,20	0,73	0,85	0,55
nov/03	7,00	7,10	5,90	0,75	0,85	0,46
dez/03	7,00	7,10	5,60	0,56	0,85	0,36
jan/05	7,00	7,10	6,05	0,36	0,56	0,63
fev/05	6,50	6,95	6,50	0,41	0,46	0,90
mar/05	6,00	6,80	6,15	0,46	0,36	0,61
abr/05	6,20	6,60	5,80	0,63	0,36	0,31
mai/05	6,40	6,40	6,00	0,63	0,36	0,34
jun/05	6,40	6,75	6,20	0,63	0,36	0,36
jul/05	6,40	7,10	6,35	0,31	0,36	0,49

Meses	Coliformes Fecais			IQA		
	Brejinho	Fumal	Corguinho	Brejinho	Fumal	Corguinho
jan/96	9,00	1300,00	8,00	83,90	78,56	85,90
fev/96	14,00	370,00	26,00	82,00	80,84	85,60
mar/96	500,00	1423,33	33,00	82,20	74,16	80,90
abr/96	500,00	837,78	0,00	81,90	80,15	84,80
mai/96	21,00	824,29	23,00	84,40	79,50	85,60
jun/96	40,00	456,67	8,00	83,22	80,65	78,92
jul/96	900,00	710,00	2,00	82,80	80,77	84,90
ago/96	300,00	1666,67	130,00	82,60	77,96	82,10
set/96	240,00	426,67	0,00	78,30	75,14	88,90
out/96	1600,00	1100,00	13,00	76,00	74,35	81,20
nov/96	287,50	2300,00	177,25	78,53	76,07	80,54
dez/96	258,75	1250,00	130,00	81,44	75,40	85,00
jan/00	230,00	300,00	17,00	74,20	61,40	78,80
fev/00	236,67	343,33	171,00	79,08	71,20	83,20
mar/00	290,00	205,00	30,00	78,25	75,20	82,60
abr/00	240,00	230,00	80,00	82,00	81,50	79,00
mai/00	300,00	700,00	17,00	80,30	77,80	82,10
jun/00	900,00	500,00	7,00	76,20	81,60	83,50
jul/00	80,00	500,00	8,00	83,20	75,80	85,80
ago/00	300,00	500,00	4,00	75,60	75,40	87,00
set/00	500,00	500,00	30,00	83,40	78,40	83,20
out/00	220,00	300,00	4,00	83,60	81,40	86,20
nov/00	220,00	1100,00	2400,00	78,10	75,70	74,80
dez/00	230,00	700,00	30,00	76,70	74,00	86,00
jan/03	926,30	653,02	124,89	77,30	75,00	80,10
fev/03	926,30	653,02	124,89	77,30	76,10	83,30
mar/03	13000,00	60,00	124,89	77,30	77,20	83,10
abr/03	6558,90	133,15	12,20	77,95	77,60	82,90
mai/03	117,80	206,30	178,50	78,60	78,00	80,40
jun/03	725,34	239,30	344,80	78,05	75,85	77,90
jul/03	1332,87	272,30	172,90	77,50	73,70	80,43
ago/03	736,24	353,75	1,00	77,80	75,35	82,95
set/03	139,60	435,20	6,50	78,10	77,00	82,08
out/03	394,20	653,02	12,00	79,85	76,80	81,20
nov/03	648,80	653,02	19,10	81,60	76,60	79,40
dez/03	926,30	653,02	26,20	78,30	76,60	77,60
jan/05	926,30	653,02	124,89	83,43	75,40	76,20
fev/05	926,30	653,02	124,89	82,86	75,00	76,20
mar/05	926,30	653,02	124,89	82,86	74,60	80,00
abr/05	926,30	653,02	124,89	82,86	76,00	83,80
mai/05	110,00	653,02	124,89	85,20	77,40	83,60
jun/05	926,30	653,02	124,89	84,00	80,35	83,40
jul/05	240,00	653,02	124,89	82,80	83,30	83,40

**– Área Agrícola e Urbana – Pontos de Captação do Córrego Quinze e Ribeirões
Mestre D'Armas e Pípiripau**

Meses	Turbidez			Amônia		
	Quinze	Pípiripau	M. D'Armas	Quinze	Pípiripau	M. D'Armas
jan/96	2,50	8,50	6,50	0,04	0,12	0,09
fev/96	3,10	7,70	4,50	0,03	0,06	0,10
mar/96	3,50	8,20	5,80	0,08	0,10	0,06
abr/96	3,00	4,50	7,00	0,03	0,08	0,03
mai/96	2,50	3,50	3,30	0,04	0,14	0,04
jun/96	2,60	3,90	3,10	0,03	0,07	0,04
jul/96	2,50	3,30	3,50	0,10	0,11	0,03
ago/96	2,80	3,00	14,70	0,35	0,03	0,09
set/96	2,80	2,89	7,20	0,05	0,05	0,09
out/96	3,70	138,70	5,14	0,12	0,56	0,03
nov/96	5,90	16,70	13,80	0,08	0,12	0,03
dez/96	3,55	8,30	9,50	0,06	0,04	0,03
jan/00	21,40	31,50	20,80	0,02	0,02	0,02
fev/00	5,48	9,94	33,77	0,05	0,02	0,02
mar/00	6,04	9,27	31,10	0,12	0,12	0,16
abr/00	3,80	6,62	7,34	0,04	0,09	0,06
mai/00	2,87	5,34	5,20	0,02	0,13	0,02
jun/00	2,35	4,70	4,90	0,06	0,10	0,07
jul/00	2,46	4,80	3,85	0,02	0,02	0,03
ago/00	3,01	3,77	3,07	0,02	0,10	0,02
set/00	3,50	5,92	4,87	0,05	0,07	0,02
out/00	2,43	4,10	4,36	0,02	0,04	0,02
nov/00	9,41	18,50	303,00	0,09	0,14	0,11
dez/00	20,60	389,00	20,20	0,11	0,67	0,06
jan/03	4,37	8,76	8,82	0,16	0,12	0,16
fev/03	5,04	11,88	7,58	0,11	0,09	0,25
mar/03	5,71	15,00	6,33	0,06	0,07	0,17
abr/03	4,49	11,88	5,19	0,04	0,05	0,09
mai/03	3,27	8,75	4,04	0,02	0,02	0,21
jun/03	2,80	6,18	4,41	0,02	0,02	0,33
jul/03	2,32	3,60	4,78	0,02	0,02	0,18
ago/03	3,26	4,55	6,19	0,04	0,19	0,02
set/03	4,20	5,50	7,60	0,06	0,37	0,04
out/03	4,80	8,25	10,25	0,08	0,26	0,06
nov/03	5,40	11,00	12,90	0,10	0,15	0,04
dez/03	4,55	9,20	7,35	0,08	0,15	0,02
jan/05	3,70	7,40	9,63	0,05	0,15	0,02
fev/05	5,30	11,45	11,90	0,04	0,11	0,02
mar/05	6,90	15,50	10,45	0,02	0,08	0,10
abr/05	5,70	21,31	9,00	0,02	0,05	0,19
mai/05	4,50	21,31	6,90	0,02	0,02	0,24
jun/05	4,00	21,31	6,20	0,02	0,02	0,08
jul/05	3,50	11,00	5,50	0,02	0,02	0,08

Meses	Demanda Química de Oxigênio			Condutividade		
	Quinze	Pipiripau	M. D'Armas	Quinze	Pipiripau	M. D'Armas
jan/96	1,50	2,40	1,00	4,10	15,64	5,21
fev/96	1,70	2,70	1,50	3,80	15,05	4,38
mar/96	2,10	3,70	2,20	3,30	12,80	5,20
abr/96	0,50	1,50	1,50	3,70	14,20	4,60
mai/96	1,40	1,70	1,60	4,47	19,40	4,84
jun/96	1,10	1,00	1,30	3,70	16,60	4,50
jul/96	0,50	0,70	0,60	4,73	20,10	4,23
ago/96	2,20	2,40	1,60	3,96	24,00	4,19
set/96	2,50	2,00	1,80	3,32	26,10	3,82
out/96	2,90	8,80	2,50	3,76	23,80	4,42
nov/96	3,20	4,70	2,80	5,07	22,30	7,66
dez/96	1,10	1,30	1,20	5,11	24,05	5,18
jan/00	3,46	5,54	4,98	7,06	17,81	10,08
fev/00	3,32	3,16	3,35	5,73	18,67	8,14
mar/00	2,74	3,23	3,17	5,60	19,43	8,74
abr/00	1,04	1,08	1,59	5,57	21,90	7,28
mai/00	2,26	4,97	1,34	5,55	22,10	6,93
jun/00	2,52	0,87	2,85	5,18	27,30	6,20
jul/00	0,66	2,56	1,76	4,71	28,30	5,93
ago/00	3,42	1,57	2,98	5,28	31,40	6,30
set/00	1,80	1,79	1,69	5,55	6,26	6,37
out/00	2,22	2,92	1,79	5,66	30,40	6,85
nov/00	2,90	5,32	6,75	6,68	24,50	11,83
dez/00	2,86	16,36	2,15	9,34	23,90	8,91
jan/03	1,98	2,23	2,57	8,16	28,10	8,36
fev/03	2,67	3,60	2,98	7,67	25,90	7,80
mar/03	3,36	4,96	2,32	7,17	23,70	8,14
abr/03	2,70	3,57	1,66	6,63	22,55	8,48
mai/03	2,04	2,18	1,93	6,09	21,40	8,42
jun/03	1,41	1,46	2,19	6,65	26,15	8,35
jul/03	0,77	0,73	1,64	7,20	30,90	7,58
ago/03	1,26	1,59	1,09	6,49	31,20	6,81
set/03	1,74	2,45	1,88	5,77	31,50	6,61
out/03	2,06	3,08	2,67	5,78	29,45	6,40
nov/03	2,37	3,71	1,62	5,78	27,40	10,44
dez/03	2,34	3,60	0,57	6,34	41,60	14,48
jan/05	2,30	3,48	1,72	6,90	55,80	11,35
fev/05	3,47	4,95	2,86	6,65	38,00	8,22
mar/05	4,63	6,42	4,47	6,40	20,20	9,26
abr/05	4,38	5,65	6,08	5,60	18,60	10,29
mai/05	4,12	4,88	4,00	4,80	17,00	7,70
jun/05	4,80	4,63	2,35	5,11	19,50	7,33
jul/05	5,48	4,38	2,35	5,41	22,00	7,33

Meses	pH			Cloreto		
	Quinze	Pipiripau	M. D'Armas	Quinze	Pipiripau	M. D'Armas
jan/96	6,50	7,40	6,20	0,61	0,61	0,66
fev/96	6,70	7,70	7,20	0,51	0,66	0,76
mar/96	6,70	7,30	6,00	0,61	0,91	0,45
abr/96	7,60	6,70	6,30	0,59	0,59	0,91
mai/96	7,60	7,80	6,70	0,70	0,70	0,65
jun/96	6,30	7,30	6,10	0,49	0,43	0,86
jul/96	6,50	7,50	6,60	0,59	0,70	0,43
ago/96	6,60	7,60	6,80	0,54	0,70	0,86
set/96	7,20	7,50	6,20	0,61	0,82	0,66
out/96	6,80	7,30	6,10	0,76	1,58	0,82
nov/96	6,40	7,20	6,30	0,56	0,71	0,61
dez/96	7,35	7,40	7,00	0,69	0,84	1,02
jan/00	6,31	6,27	6,05	0,80	0,90	0,95
fev/00	6,25	6,37	6,11	0,93	0,72	1,07
mar/00	6,19	6,86	6,12	0,50	0,33	0,60
abr/00	6,20	6,67	6,30	0,15	0,05	0,25
mai/00	6,38	6,93	6,10	0,55	0,45	0,80
jun/00	6,19	6,34	6,26	0,60	1,25	0,55
jul/00	6,61	7,39	6,24	1,10	0,80	1,20
ago/00	6,34	6,86	6,21	0,80	0,95	0,90
set/00	6,43	6,10	6,34	0,40	0,50	0,55
out/00	6,49	6,32	6,25	0,65	0,70	0,85
nov/00	6,23	6,29	5,94	0,45	0,50	0,80
dez/00	6,54	7,42	6,35	0,75	0,70	0,70
jan/03	6,45	7,52	8,36	0,85	0,80	0,68
fev/03	6,79	7,39	6,16	1,07	1,02	0,65
mar/03	7,13	7,25	6,16	1,28	1,23	0,72
abr/03	7,25	7,38	6,22	1,01	1,11	0,79
mai/03	7,36	7,51	6,28	0,74	0,99	1,10
jun/03	7,21	7,34	6,41	0,87	0,97	1,40
jul/03	7,06	7,16	6,54	1,00	0,95	1,25
ago/03	7,13	7,13	6,27	0,90	0,95	1,10
set/03	7,20	7,10	6,00	0,80	0,95	0,98
out/03	7,20	7,25	6,15	0,90	1,10	0,85
nov/03	7,20	7,40	6,30	1,00	1,25	1,06
dez/03	7,05	7,30	6,65	0,78	1,01	1,27
jan/05	6,90	7,20	6,63	0,56	0,76	1,29
fev/05	6,65	7,15	6,60	0,51	0,74	1,30
mar/05	6,40	7,10	6,25	0,46	0,71	0,98
abr/05	6,40	6,95	5,90	0,44	0,74	0,66
mai/05	6,40	6,80	6,00	0,41	0,76	0,71
jun/05	6,70	7,00	6,36	0,39	0,64	0,85
jul/05	7,00	7,20	6,36	0,36	0,51	0,85

Meses	Coliformes Fecais			IQA		
	Quinze	Pipiripau	M. D'Armas	Quinze	Pipiripau	M. D'Armas
jan/96	220,00	1300,00	1400,00	80,60	68,50	70,10
fev/96	1700,00	2200,00	340,00	75,20	66,40	71,80
mar/96	33,00	500,00	900,00	75,30	63,10	69,80
abr/96	170,00	300,00	1600,00	80,00	71,70	67,10
mai/96	900,00	500,00	5000,00	77,00	75,20	76,70
jun/96	1700,00	1600,00	2400,00	77,22	76,58	73,93
jul/96	300,00	140,00	900,00	82,50	80,80	76,70
ago/96	1100,00	500,00	2400,00	72,50	76,20	67,40
set/96	500,00	300,00	900,00	76,00	72,90	69,50
out/96	1100,00	5000,00	240,00	74,00	23,80	69,00
nov/96	900,00	1700,00	1700,00	73,20	63,20	65,00
dez/96	950,00	260,00	2400,00	74,75	69,80	64,00
jan/00	5000,00	9000,00	9000,00	61,60	48,30	56,80
fev/00	290,00	800,00	1433,33	69,25	63,67	55,60
mar/00	80,00	885,00	500,00	72,20	66,90	70,30
abr/00	300,00	500,00	500,00	74,40	71,60	72,30
mai/00	500,00	1600,00	1100,00	75,90	73,70	76,60
jun/00	280,00	1600,00	700,00	76,20	78,30	74,00
jul/00	500,00	3000,00	500,00	78,20	70,10	73,60
ago/00	800,00	240,00	500,00	79,80	75,90	77,60
set/00	5000,00	23,00	2400,00	76,70	79,60	77,30
out/00	700,00	500,00	500,00	80,40	75,70	71,40
nov/00	5000,00	5000,00	1300,00	69,60	58,20	37,40
dez/00	2200,00	16000,00	1300,00	63,10	22,10	63,80
jan/03	1029,17	1837,28	1433,47	71,40	67,90	65,15
fev/03	1029,17	1837,28	1433,47	69,55	60,90	66,80
mar/03	500,00	3000,00	1433,47	67,70	53,90	65,09
abr/03	300,70	1789,70	727,00	71,25	62,38	65,09
mai/03	101,40	579,40	459,40	74,80	62,38	65,09
jun/03	268,30	483,35	191,80	74,65	62,38	63,50
jul/03	435,20	387,30	340,10	74,50	75,90	66,78
ago/03	491,35	282,90	488,40	75,30	70,10	70,05
set/03	547,50	178,50	734,40	76,10	64,30	68,73
out/03	547,50	219,90	980,40	73,80	62,80	67,40
nov/03	547,50	261,30	1483,34	71,50	61,30	62,65
dez/03	1029,17	1837,28	1986,28	69,70	63,50	57,90
jan/05	290,20	1203,30	1433,47	73,60	65,70	64,75
fev/05	1029,17	1837,28	198,90	72,40	63,05	62,70
mar/05	500,00	900,00	1433,47	71,20	60,40	61,20
abr/05	1029,17	1837,28	1433,47	73,00	64,10	59,70
mai/05	1029,17	1837,28	1433,47	74,80	67,80	66,85
jun/05	1029,17	1837,28	1433,47	74,90	70,90	74,00
jul/05	1029,17	1837,28	1433,47	75,00	74,00	74,20