

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
MODALIDADE PROFISSIONAL**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NOS
DISTRITOS DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ**

RAFAELA DA SILVEIRA PEZARINO

CAMPOS DOS GOYTACAZES/RJ

2010

RAFAELA DA SILVEIRA PEZARINO

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA UTILIZADA NOS
DISTRITOS DE CAMPOS DOS GOYTACAZES, RJ.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, modalidade Profissional, na área de Concentração em Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa, Desenvolvimento e Sustentabilidade

Orientador: Professor D. Sc. Vicente de Paulo Santos de Oliveira. (Engenharia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa)

CAMPOS DOS GOYTACAZES/ RJ

2010

Dissertação intitulada “Avaliação da qualidade da água utilizada nos distritos de Campos dos Goytacazes, RJ”, elaborada por Rafaela da Silveira Pezarino, e apresentada publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, modalidade profissional, na área de Concentração em Sustentabilidade Regional, Linha de Pesquisa Desenvolvimento e Sustentabilidade do Instituto Federal Fluminense.

Aprovada em 12 de abril de 2010

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Sc. Vicente de Paulo Santos de Oliveira (Engenharia Agrícola/Universidade Federal de Viçosa) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – Orientador

Prof. Dr. Sc. Manildo Marcião de Oliveira do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense/ Campus Campos-Centro

Prof^a. Dr^a. Sc. Jaqueline Borges de Matos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense/ Campus Campos-Centro

Aos meus pais, meus avós João Furtado e Aracy Cassa, irmão e amigos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que me permitiu chegar até aqui, que me iluminou nos momentos mais difíceis, e me deu forças quando as minhas forças estavam acabando.

Ao meu orientador, pela dedicação e empenho para que nada faltasse à pesquisa, por todo suporte, paciência e ajuda no meu trabalho.

Ao Ricardo Rozemberg Rosa, biólogo na Concessionária Águas do Paraíba, que colaborou com a pesquisa nos assessorando nas análises microbiológicas e ensaios de Ferro e Manganês.

Ao Willians Salles Cordeiro, que colaborou na idealização deste projeto e nos ajudou a dar os primeiros passos para a concretização deste trabalho.

Aos bolsistas, Serginho e Leandro, que participaram nas saídas de campo; Tayná e Tâmmela, pela ajuda nas saídas de campo, ensaios físico-químicos e digitação dos dados.

Ao motorista Marquinho, que fez além de nos transportar nas saídas de campo, mas também foi amigo e colaborador, além de um grande conhecedor da região.

À professora Ana Paula Lamounier, que colaborou com seus conhecimentos científicos e na formulação das planilhas de dados.

Agradeço à minha família pelo apoio,

Aos meus avós João Furtado e Aracy, que imensuravelmente estiveram me dando força, orando e me motivando.

Aos meus amigos, colegas de mestrado e professores que direta ou indiretamente colaboraram comigo.

RESUMO

O Município de Campos dos Goytacazes tem boa disponibilidade em recursos hídricos tanto superficiais quanto subterrâneos. Entretanto, devido à grande dimensão territorial do município e ao crescimento desordenado, as localidades afastadas do centro urbano não recebem água tratada pela rede pública de abastecimento, nem possuem rede de coleta e tratamento de esgoto. Por isto, utilizam água subterrânea e constroem fossas e/ou sumidouros. O objetivo deste trabalho foi verificar se a água consumida pelos moradores dos distritos, que não recebem água tratada pela rede pública em suas casas, está em conformidade com os padrões de potabilidade para água destinada ao consumo humano. Nesta dissertação, foram estudadas dez localidades e foram analisados os parâmetros físico-químicos: pH, turbidez, cloro total, cloro livre, flúor, ferro, manganês; e os parâmetros microbiológicos: coliformes totais e coliformes termotolerantes. Foi observada contaminação microbiológica da água por coliformes totais e coliformes termotolerantes em todas as localidades estudadas, sendo que a origem provável destes últimos está relacionada principalmente à proximidade das fossas em relação aos poços. Foi verificada também a ocorrência de doenças de veiculação hídrica, como verminoses e diarreia, que podem estar relacionadas à qualidade da água. Foi sugerido que sejam construídas mini estações convencionais de tratamento de água para atender as localidades.

Palavras-chave: recursos hídricos, águas subterrâneas, fossas, doenças de veiculação hídrica, tratamento de água.

ABSTRACT

The Municipality of Campos dos Goytacazes has good availability in water resources both surface and underground. However, due to the territorial dimension of the city and the sprawl, the locations far from the urban center does not receive water treated by public water supply or possess the collection netw and treatment plants. Therefore, groundwater use and construct drains and / or sinks. The objective was to determine whether the water consumed by residents of districts that do not receive water treated by the public in their homes is in compliance with the drinking water standard for drinking water. In this dissertation, we studied ten locations and were analyzed the physical-chemical parameters: pH, turbidity, total chlorine, free chlorine, fluorine, iron, manganese, and microbiological parameters: total coliform and fecal coliform. Was observed microbiological contamination of water for total coliform and fecal coliform in all locations studied, and the probable origin of the latter is mainly related to the proximity of the drains in relation to the wells. We also noticed the occurrence of waterborne diseases, like verminous and diarrhea, that may be related to water quality. It was suggested that should be built a little conventional station of water treatment to serve the localities

Key words: water resources, ground waters, drains, waterborne diseases propagation, treatment of water.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1

Regiões hidrográficas Brasileiras. Fonte: ANA, 200621

Figura 2

Percentuais de retirada de água por usuário no Brasil.....24

Figura 3

Percentuais de consumo de água por usuário no Brasil em 2006.....24

Figura 4

Distribuição percentual das vazões de retirada, por uso e Região Hidrográfica.25

Figura 5

Zonas de ocorrência da água no solo de um aquífero freático.28

Figura 6

Poço de aquífero livre.....30

Figura 7

Aquífero artesiano (adaptado de Fetter, 1994 apud Capucci, 2001)31

Figura 8

Mapa de profundidade do lençol freático.40

Figura 9

Mapa da vulnerabilidade dos aquíferos livres no município de Campos dos Goytacazes.41

Figura 10

Evolução da rede geral de abastecimento de água no Brasil entre 2007 e 2008.45

Figura 11	
Evolução da rede de esgoto ou fossa séptica no Brasil entre 2007 e 2008.....	46
Figura 12	
Representação esquemática das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal.....	73
Figura 13	
pHmetro.....	76
Figura 14	
Turbidímetro e soluções padrão	77
Figura 15	
Fluorímetro	79
Figura 16	
Resultado das médias dos valores de pH por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.....	85
Figura 17	
Resultado das médias dos valores de ferro por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.....	87
Figura 18	
Resultado das médias de ferro em Baixa Grande na 1ª campanha.....	88
Figura 19	
Resultado das médias de ferro em Baixa Grande na 2ª campanha.....	88
Figura 20	
Resultado das médias de manganês por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.....	90
Figura 21	
Resultado das médias dos valores de cloro total por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.	92

Figura 22

Resultado das médias dos valores de cloro livre por localidade nas 1ª e 2ª campanhas. 93

Figura 23

Resultado das médias dos valores de flúor por localidade nas 1ª e 2ª campanhas. 94

Figura 24

Resultado das médias de turbidez por localidade nas 1ª e 2ª campanhas. 96

Figura 25

Resultado das amostras reprovadas: coliformes totais e coliformes termotolerantes por localidade na 1ª campanha. 98

Figura 26

Resultado das amostras reprovadas: coliformes totais e coliformes termotolerantes por localidade na 2ª campanha. 99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1

Índice de Criticidade de Recursos Hídricos (ICRH): Disponibilidade Específica de Água (DEA) e problemas de gestão associados..... 22

Tabela 2

Percentual de domicílios particulares permanentes por forma de abastecimento de água e esgotamento sanitário, segundo as Grandes Regiões - 2007-2008..... 47

Tabela 3

Lista das localidades amostradas, data das campanhas e número de amostras..... 74

Tabela 4

Valores médios do parâmetro pH e seus respectivos desvios padrão..... 84

Tabela 5

Valores médios do parâmetro ferro e seus respectivos desvios padrão..... 86

Tabela 6

Valores médios do parâmetro manganês e seus respectivos desvios padrão. 89

Tabela 7

Valores médios do parâmetro cloro total e seus respectivos desvios padrão. 91

Tabela 8

Valores médios do parâmetro cloro livre e seus respectivos desvios padrão..... 93

Tabela 9

Valores médios do parâmetro flúor e seus respectivos desvios padrão..... 94

Tabela 10

Valores médios do parâmetro turbidez e seus respectivos desvios padrão. 96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAFP: American Academy of Family Physicians
ANA: Agência Nacional de Águas
CDPH: California Department of Public Health
CETESB: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CF: Coliformes termotolerantes
CT: Coliformes fecais
CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente
COT: Carbono Orgânico Total
DBO: Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEA: Disponibilidade Específica de Água
DQO: Demanda Química de Oxigênio
EMHAB: Empresa Municipal de Habitação, Urbanização e Saneamento
ENCO: Engenharia Consultoria Planejamento Ltda
ETA: Estação de Tratamento de Água
ETE: Estação de Tratamento de Esgoto
GPS: Global Positioning System (Sistema de Posicionamento Global)
LQP: Limites de Quantificação Praticáveis
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICRH: Índice de Criticidade de Recursos Hídricos
IPEA: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MMA: Ministério do Meio Ambiente
MS: Ministério da Saúde
ND: Não detectado
NMP ou MPN: Número Máximo Provável
NTU: Nephelometric Turbidity Unit / Unidade Nefelométrica de Turbidez
ODM: Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
OMS: Organização Mundial de Saúde
ONG: Organização Não Governamental
ONU: Organização das Nações Unidas
OPAS: Organização Pan Americana de Saúde
SEMA: Secretaria de Estado do Meio Ambiente

SERLA: Fundação Superintendência Estadual de Rios e Lagoas

pH: Potencial Hidrogeniônico

PNAD: Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios

SEMADS: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

UMS: Unidade Mista Municipal de Saúde

UNEP: Programa para o Meio Ambiente da Organização das Nações Unidas

UPEA: Unidade de Pesquisa e Extensão Agro-Ambiental

USAID: United States Agency for International Development

USEPA: Agência de Proteção Ambiental Norte Americana

UT: Unidade de turbidez

VMP: Valor Máximo Permitido

WHO: World Health Organization (Organização Mundial de Saúde)

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	07
LISTA DE TABELAS.....	10
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	11
1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Recursos hídricos no Brasil e no mundo	19
2.2 Água no Brasil	20
2.3 Usuários de água no Brasil e no mundo	23
2.4 Água Subterrânea	27
2.4.1 Água subterrânea no mundo e no Brasil	33
2.4.2 Águas superficiais em Campos dos Goytacazes	34
2.4.3 Águas subterrâneas em Campos dos Goytacazes	37
2.5 Água e Saneamento	42
2.5.1 Água, Saneamento e Saúde	48
2.6 Padrão de Qualidade de Água	50
2.6.1 Parâmetros Físicos.....	53
2.6.2 Parâmetros Químicos	56
2.6.3 Parâmetros Biológicos	67
3 MATERIAL E MÉTODOS	74
3.1 Determinações físico-químicas	76
3.1.1 Ensaio de Determinação de Potencial Hidrogeniônico – pH	76
3.1.2 Ensaio de Determinação de Turbidez	77
3.1.3 Ensaio de Determinação de Cloro Livre	78
3.1.4 Ensaio de Determinação de Cloro Total	79
3.1.5 Ensaio de Determinação de Flúor	79
3.1.6 Determinação de Ferro e Manganês	80
3.1.7 Análises Microbiológicas	81

3.2 Tratamento dos dados	81
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4.1 Parâmetros físico-químicos	84
4.1.1 Ph	84
4.1.2 Ferro	86
4.1.3 Manganês	89
4.1.4 Cloro total	91
4.1.5 Cloro livre	92
4.1.6 Flúor	94
4.1.7 Turbidez	96
4.2 Análise Microbiológica	98
4.3 Resultados por localidade	102
4.3.1 Bariri	102
4.3.2 Travessão	104
4.3.3 Posse do Meio	106
4.3.4 Conceição do Imbé	107
4.3.5 Lagoa de Cima e São Benedito	109
4.3.6 Campo Novo e Venda Nova	111
4.3.7 Baixa Grande	112
4.3.8 Ibitioca e Pernambuco	114
4.3.9 Guriri	115
4.3.10 Ponta da Lama	116
5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES	118
6 REFERÊNCIAS.....	121
7 ADENDOS	132
Adendo A – Questionário Socioambiental	134
Adendo B – Questionário Epidemiológico	136

1 INTRODUÇÃO

Apesar de a água doce ser um recurso abundante, ela não é regularmente distribuída no espaço e no tempo. Podemos notar essa heterogeneidade na distribuição espacial da água pela observação da existência de desertos, caracterizados pela baixa umidade, e de forma oposta, as florestas tropicais, caracterizadas por alta umidade. Por outro lado, a escassez de água não se deve somente aos fenômenos naturais, mas também ao seu mau uso – desperdício – e principalmente à sua poluição.

De acordo com Braga (2005), há duas formas de se caracterizar os recursos hídricos: em relação à sua qualidade e à sua quantidade, sendo que essas características estão relacionadas. Além dos problemas relacionados à quantidade de água, como escassez, estiagens e cheias, existem os relacionados à sua qualidade, como, por exemplo, a contaminação de mananciais que impede seu uso para abastecimento humano. O comprometimento da qualidade da água agrava o problema da escassez deste recurso.

A água é um elemento essencial para o homem, tanto para atender às suas necessidades fisiológicas quanto para sua higiene. A qualidade da água para consumo humano é muito importante, visto que muitas doenças estão ligadas ao consumo de água fora dos padrões de potabilidade. No Brasil, milhares de pessoas são acometidas ou morrem todos os anos devido a doenças de veiculação hídrica.

A água para abastecimento humano deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas, como a ausência de organismos patogênicos e substâncias tóxicas, para evitar danos à saúde e ao bem-estar humano.

O município de Campos dos Goytacazes apresenta uma rica hidrografia tanto em relação às águas superficiais quanto às subterrâneas, entretanto, mesmo com toda a sua abundância hídrica, a água potável não é distribuída a toda a sua população. O sistema de abastecimento público urbano é realizado pela Concessionária Águas do Paraíba. Entretanto, devido aos custos de tratamento, adução e distribuição para localidades distantes do centro de abastecimento de água e/ou crescimento desordenado, existem diversas comunidades afastadas do centro urbano que não recebem água tratada em suas casas, nem possuem um sistema de esgotamento sanitário, recorrendo a soluções alternativas de abastecimento, como a construção de poços rasos para captação de água para o consumo, e construção de fossas (sumidouros) para eliminação de seus dejetos, quase sempre construídos sem nenhum critério

técnico, contribuindo para a contaminação do lençol freático, e, conseqüentemente, a contaminação da própria água utilizada, em especial, por bactérias do grupo coliformes.

De forma geral, a presença de coliformes nas águas subterrâneas está associada a poços mal construídos, sem laje de proteção e tubo para captação, sem perímetro de proteção e sob influência de rios poluídos, locados inadequadamente ou mal protegidos (CETESB, 2004).

O uso de uma água fora dos padrões de potabilidade, tanto microbiológicos quanto físico-químicos, pode expor a população a diversas doenças de veiculação hídrica.

Em 2008, um trabalho realizado por Cordeiro (2008) em duas comunidades de Campos dos Goytacazes – Campo Novo e Venda Nova –, avaliou dados da qualidade da água dos poços utilizados pelos moradores locais, sendo constatada a contaminação do lençol freático por coliformes termotolerantes, visto que na maioria das casas não havia fossas sépticas. A maioria da população que utiliza água de poço não se preocupa com a sua qualidade, e a sua perfuração é realizada sem o conhecimento dos lugares adequados, e em conseqüência do consumo de água contaminada, a população sofre com doenças de veiculação hídrica, principalmente a diarreia.

Este estudo, que propõe a avaliação da qualidade da água consumida em algumas localidades dos distritos de Campos dos Goytacazes, onde não há rede pública de abastecimento, é de suma importância para gerar informações que possam ser utilizadas em ações visando à melhoria da qualidade de vida da população.

Para esta avaliação da qualidade da água os parâmetros escolhidos são pH, turbidez, cloro total, cloro livre, flúor, ferro e manganês, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

A turbidez é um parâmetro muito importante pois indica a qualidade estética da água para abastecimento humano. Além de torná-la com aspecto turvo, os sólidos em suspensão, que caracterizam a turbidez, podem prejudicar a ação dos agentes desinfectantes, como o cloro, à medida que as partículas servem de abrigo para certos microrganismos, ou ainda, podem conter substâncias tóxicas adsorvidas, como metais pesados.

O potencial hidrogeniônico (pH), quando muito elevado ou muito baixo, pode causar irritações na pele e nos olhos, além de influenciar a disponibilidade de certos elementos e as etapas de tratamento da água.

A medição das concentrações de cloro total e cloro livre é importante porque o cloro é muito utilizado como agente desinfectante, principalmente nas formas de Ácido Hipocloros (HLIO) e íons Hipoclorito (OCI⁻). Por isso este parâmetro foi utilizado para verificar se a população estava adicionando cloro à água, uma vez que feito de forma inadequada pode até

ter efeitos prejudiciais, como a formação de compostos carcinogênicos, como os trihalometanos, liberação de fitotoxinas, ou ainda, não ter o efeito positivo desejado.

O flúor pode ser encontrado naturalmente nas águas, entretanto sua concentração pode variar de acordo com o tipo de solo e rocha. A sua presença na água é importante pois em determinadas concentrações (entre 0,7 e 1,5 mg/L) é responsável pela redução da incidência de cárie dentária, sendo recomendada sua adição na água para fins preventivos. Entretanto, atividades antrópicas também podem adicionar flúor à água, pois o flúor é utilizado em diversos processos e produtos, como por exemplo, pesticidas e fertilizantes, no meio rural. Desta forma, não se deseja encontrar concentrações além do limite permitido, nem abaixo do limite recomendado.

As determinações de ferro e manganês foram realizadas devido à ocorrência natural desses elementos na região. Assim, em áreas com altas concentrações desses elementos, a água pode apresentar coloração, manchando roupas e louças; também provocar sabor e odor na água, causando forte incômodo à população. Desta forma, as regiões que apresentam este problema podem ser identificadas para que suas águas passem por tratamento que promova a remoção destes elementos.

Já as análises de coliformes totais (CT) e coliformes termotolerantes (CF) são indicadores de contaminação biológica. Os coliformes termotolerantes indicam a presença de material de origem fecal, como por exemplo, a contaminação por esgoto doméstico, que pode conter organismos prejudiciais à saúde humana. Devido ao fato das localidades estudadas usarem fossas rudimentares, estas podem estar contaminando a água consumida, o que pode causar doenças de veiculação hídrica na população.

Propõe-se, a partir deste trabalho, sugerir quais os locais que apresentam a necessidade de instalação de pequenas Estações de Tratamento de Água (ETAs) pelo poder público, que assim poderá oferecer água de qualidade à população, além de realizar um trabalho de conscientização junto à população no que diz respeito à educação sanitária e à proteção de seus recursos hídricos, a fim de melhorar a qualidade de vida e reduzir ou erradicar a incidência de doenças de veiculação hídrica. Além disso, com este investimento diminuem gastos com os serviços de saúde e, conseqüentemente, reduz-se a perda de dias de serviços por trabalhadores doentes por infecções de veiculação hídrica.

Tem-se como objetivo geral deste trabalho analisar a qualidade da água das fontes utilizadas pelas comunidades em distritos de Campos dos Goytacazes e verificar sua correlação com a incidência de doenças de veiculação hídrica.

Neste contexto, objetivos específicos são os seguintes:

- Coletar amostras de água subterrânea para a determinação dos seguintes parâmetros: potencial hidrogeniônico (pH), turbidez, cloro total, cloro livre, flúor, ferro, manganês, coliformes totais e coliformes termotolerantes;

- verificar se a água consumida pelos moradores dos distritos que não recebem água tratada pela rede pública em suas casas está em conformidade com os padrões de potabilidade para água para fins de consumo humano;

-verificar se a ocorrência de contaminação de lençol freático se deve ao uso e proximidade de fossas e/ou sumidouros;

- verificar o grau de ocorrência de doenças/enfermidades que podem estar relacionadas à qualidade da água;

-sugerir alternativas para a melhoria da qualidade da água naquelas localidades identificadas com deficiência neste quesito.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Recursos hídricos no Brasil e no Mundo

Estima-se que cerca de 97,5% da água do planeta é água salgada, constituída pelos oceanos, mares e lagos de água salgada, e apenas os 2,5% restantes são água doce. Dessa parcela de água doce, 68,9% estão sob a forma de calotas polares, geleiras e neves eternas que cobrem o cume das montanhas mais altas do planeta. 0,9% estão sob a forma de umidade dos solos e águas de pântanos, 0,3% são rios e lagos e os 29,9% da água doce restante está sob a forma de águas subterrâneas doces (REBOUÇAS, 2006a).

Apesar da grande quantidade de água existente em nosso planeta, a irregular distribuição dos recursos hídricos ao longo do tempo e do espaço e suas modificações devido ao uso pelo homem e abusos sofridos são fonte de crises da água em muitas partes do mundo. Grandes revisões em escala global são difíceis devido à complexidade temporal e espacial oriundos da conjunção entre terra, água e elementos atmosféricos – geram resultados piores devido ao incompleto monitoramento e disponibilidade fragmentada de dados para quantificar os recursos hídricos e suas mudanças (UNESCO, 2009).

O volume de água doce no mundo é grande, e se fosse igualmente dividido por todos os habitantes da terra, cada indivíduo teria direito a mais de 570 milhões de litros por dia, durante 75 anos. Mas infelizmente, segundo o Programa para o Meio Ambiente da Organização das Nações Unidas (UNEP), cerca de 1,1 bilhão de pessoas – o que corresponde a um em cada seis indivíduos – não têm acesso à água limpa e em quantidade suficiente para garantir saúde e o desenvolvimento social e econômico.

De acordo com o segundo o Relatório das Nações Unidas Sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos no Mundo, publicado em 2006, gestões equivocadas, recursos limitados e mudanças climáticas têm trazido sérios problemas: um quinto da população do planeta não possuía acesso à água potável e 40% não dispõem de condições sanitárias básicas (ONU, 2006).

2.2 Água no Brasil

O Brasil tem posição de destaque em relação à disponibilidade hídrica no mundo. Os rios localizados no território nacional têm vazão média anual de 180.000 m³/s, correspondendo a 12% da disponibilidade mundial de água doce mundial (IPEA, 2007; MARENGO, 2008) que é estimada em 1.500.000 m³/s. A média anual total pode chegar a 267.000 m³/s (18% da disponibilidade mundial) se forem levadas em conta as vazões oriundas em território estrangeiro e que entram no país (Amazônica: 86.321 m³/s; Uruguai: 878 m³/s e Paraguai: 595 m³/s) (MARENGO, 2008).

Apesar da grande disponibilidade hídrica, o Brasil apresenta distribuição desigual do volume e da disponibilidade dos recursos hídricos (TUNDISI, 2008). Cerca de 70% da água doce superficial disponível está na Amazônia, que tem a menor demanda do país. (IPEA, 2007). Um habitante do Amazonas tem 700.000 m³ de água por ano disponíveis, enquanto um habitante da Região Metropolitana de São Paulo tem 280 m³ por ano (TUNDISI, 2008). Mas em termos médios, o Brasil dispõe de 33.944,73 m³/hab. ano (ANA, 2002), embora as médias nacionais não reflitam as desigualdades na distribuição dos recursos hídricos (IPEA, 2007).

Por outro lado, as maiores demandas estão nos grandes centros urbanos que têm a menor disponibilidade de água. Essa distribuição irregular juntamente com o crescimento econômico e demográfico tem intensificado a exploração hídrica, provocando escassez e conflitos quanto ao uso da água (IPEA, 2007).

Para Tundisi (2008), um dos grandes problemas ambientais do início do sec. XXI no Brasil são as disparidades de distribuição dos recursos hídricos no território, o que traz problemas sociais, especialmente levando-se em conta a disponibilidade/demanda e a saúde humana na periferia das grandes regiões metropolitanas. Diante disso, a recuperação de mananciais e da infra-estrutura de saneamento básico e tratamento de esgotos deve ser prioridade fundamental no país.

Para fins de gestão dos recursos hídricos, o Brasil foi dividido em 12 regiões hidrográficas, conforme a Figura 1.

Nas regiões hidrográficas brasileiras, apesar da alta disponibilidade natural de água, seu desorganizado arranjo natural – ou seja, regiões com uma abundância em água de qualidade em contraste com o semi-árido que passa longos períodos sem chuva, além da grande variação da distribuição durante o ano e entre as regiões e do uso intenso - gerou problemas de disputas de água, principalmente devido à escassez de água de boa qualidade.

As regiões hidrográficas Sul e Costeira Sudeste, esta última onde se localiza o Município de Campos dos Goytacazes, se enquadram nessa categoria (ANA, 2002b).

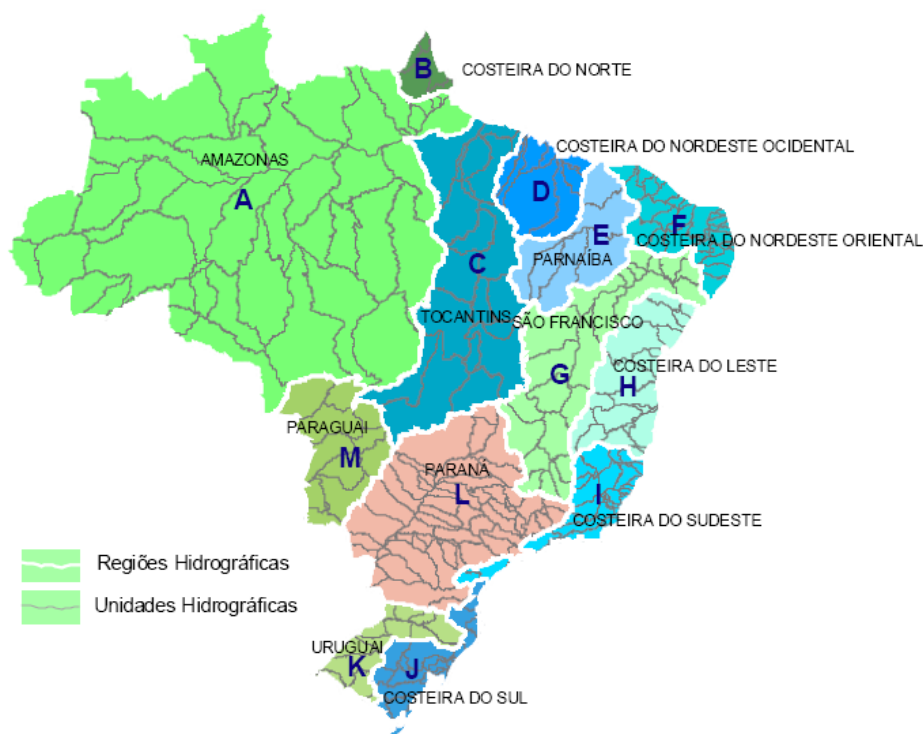


Figura 1 - Regiões hidrográficas Brasileiras.

Fonte: ANA, 2006

Como se pode observar na Figura 1, a região hidrográfica da Amazônia é a maior em extensão territorial, seguida por Tocantins e Paraná (IPEA, 2007). A Amazônia detém 74% dos recursos hídricos superficiais e é habitada por menos de 5% da população brasileira (MARENGO, 2008).

No caso das reservas de água subterrânea exploráveis específicas, a região com maior disponibilidade hídrica é o Uruguai, com $1,85\text{L/s/km}^2$ (GEO BRASIL, 2007).

Em termos de densidade demográfica, as regiões hidrográficas do Atlântico Sudeste, Atlântico Nordeste Oriental, Atlântico Sul e Paraná se destacam como as mais populosas, possuindo mais de $60\text{ habitantes/Km}^2$ (IPEA, 2007).

A menor vazão média por habitante é observada na região hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental, com valor inferior a $1.200\text{ m}^3/\text{hab/ano}$. Em algumas bacias dessa região, são registrados valores menores que $500\text{ m}^3/\text{hab/ano}$. Destacam-se ainda, na condição de

regiões com pouca disponibilidade relativa, algumas bacias das regiões hidrográficas do Atlântico Leste, Parnaíba e São Francisco. Na porção semi-árida dessas regiões, onde o fenômeno da seca tem repercussões mais graves, a água é um fator crítico para as populações locais (GEO BRASIL, 2007).

A Região Amazônica apresenta a maior vazão per capita do país $533.096 \text{ m}^3/\text{ano}$. A Região do Atlântico Nordeste Ocidental, onde está parte do semi-árido brasileiro tem a menor vazão per capita $1.145 \text{ m}^3/\text{ano}$, ou seja, é a única região hidrográfica brasileira com disponibilidade hídrica inferior ao nível crítico estabelecido pela ONU (IPEA, 2007).

Os Índices de Criticidade de Recursos Hídricos (ICRH), associados à disponibilidade específica de recursos hídricos (DEA), ambos expressos em $\text{m}^3/\text{hab.ano}$, em uma determinada região ou bacia hidrográfica, mostrados na Tabela 1, refletem os problemas de gestão de recursos hídricos que podem ocorrer onde a demanda começa a ser maior do que a oferta (FALKENMARK, 1992).

Tabela 1- Índice de Criticidade de Recursos Hídricos (ICRH): Disponibilidade Específica de Água (DEA) e problemas de gestão associados.

ICRH	Disponibilidade Específica de Água (DEA) $\text{m}^3/\text{hab}/\text{ano}$	Problemas de gestão de recursos hídricos
1	$DEA \geq 10.000$	Sem problemas ou problemas limitados
2	$10.000 > DEA \geq 2.000$	Problemas gerais de gerenciamento
3	$2.000 > DEA \geq 1.000$	Grande pressão sobre os recursos hídricos
4	$1.000 > DEA \geq 500$	Escassez crônica de água
5	$DEA < 500$	Além do limite de disponibilidade

Fonte: Hespagnol, 2008

Nota-se que disponibilidades próximas a $10.000 \text{ m}^3/\text{hab.ano}$ (ICRH 1 e 2) não geram conflitos significativos em termos de quantidade de água. Entretanto, disponibilidades correspondentes aos índices 4 e 5 refletem situações insustentáveis de conflitos de uso e de escassez crônica de água. As experiências de gestão têm mostrado que valores de DEA superiores a $1.700 \text{ m}^3/\text{hab.ano}$ correspondem a situações de suficiência hídrica, valores inferiores a este limite correspondem a situações de alerta de escassez hídrica, e que valores inferiores a 1.000 refletem condições de escassez crônica de água.

Diante da tendência de contínuo crescimento populacional e industrial, a disponibilidade hídrica tende a diminuir ao longo do tempo, enquanto os recursos hídricos disponíveis são mantidos aproximadamente constantes em termos de vazão, mas não em termos de qualidade (HESPANHOL, 2008).

Condições extremamente críticas em termos de disponibilidade de água são encontradas neste cenário quando se examina mais detalhadamente. Por exemplo, na bacia do Alto Tietê, onde se encontra a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), a DEA é, atualmente, de 216,7 m³/hab.ano, e a previsão para 2010 é que ela seja de apenas 179,3 m³/hab.ano. A bacia dos rios Piracicaba/Capivari/Jundiaí, que fornece 33 m³/s para abastecimento da Região Metropolitana de São Paulo, apresenta valores de DEA de 497,46 m³/hab.ano e 347,2 m³/hab.ano, respectivamente, valores correspondentes à disponibilidade atual e previsão para 2010 (IBGE, 2000).

2.3 Usuários de água no Brasil e no mundo

Atualmente, na maioria dos países, continentes e regiões, a água utilizada na agricultura representa cerca de 70% do consumo total. A demanda mundial para a produção de alimentos aumenta progressivamente a taxas muito altas havendo necessidade de redução desse uso com a introdução de tecnologias adequadas, eliminação dos desperdícios e introdução do reúso e da reciclagem de água (TUNDISI, 2008).

A água subterrânea tem sido excessivamente utilizada para irrigação. Em países e regiões áridas e semi-áridas, o uso excessivo da água subterrânea para agricultura tem provocado uma drástica diminuição no volume de aquíferos, aumentando os custos da extração da água e conseqüentemente o custo de irrigação por hectare (TUNDISI, 2008).

A demanda de água corresponde à vazão de retirada, ou seja, a água captada destinada a atender aos diversos usos consuntivos. Uma parte desta água é consumida, e é denominada *vazão de consumo* (que é obtida a partir da vazão de retirada, multiplicando esta por um coeficiente de retorno característico de cada tipo de uso) e a outra parte dessa água captada é devolvida ao meio ambiente após ser utilizada, água esta denominada *vazão de retorno* (ANA, 2009). A Figura 2 mostra a estimativa da retirada total de água no Brasil, com dados de 2006, segundo dados da ANA.



Figura 2 - Percentuais de retirada de água por usuário no Brasil.

Fonte: ANA, 2009

Como podemos observar na Figura anterior, no Brasil, o setor que mais demanda água e que tem maior vazão de consumo é a irrigação (47% do total). O restante da demanda está reservado para o abastecimento urbano (26%), para indústria (17%), para dessedentação animal (8%) e apenas 2% para abastecimento rural.

Dados da ANA (2009) mostram que a demanda por água tem aumentado no Brasil nos últimos anos, entre o ano 2000 e 2006 a estimativa da vazão de retirada de água cresceu 16% na retirada total do país, passando de 1.592 m³/s a 1.841 m³/s.

A Figura 3 apresenta as parcelas das águas que são consumidas, ou seja, daquelas não são devolvidas ao meio ambiente depois de retiradas. Os dados são baseados no ano de 2006, com uma estimativa de vazão de consumo total do Brasil em 986,4 m³/s. Pode-se observar que a irrigação permanece em primeiro lugar.



Figura 3 - Percentuais de consumo de água por usuário no Brasil em 2006.

Fonte: ANA, 2009

As economias regionais e nacionais dependem de uma adequada disponibilidade de água para geração de energia, abastecimento público, irrigação e produção de alimentos (como agricultura, aquicultura e pesca). Uma das formas mais relevantes de desenvolvimento econômico e social é a melhoria da gestão dos recursos hídricos integrando e otimizando os usos múltiplos, alocando de forma flexível a água para os diferentes usuários e investindo em saneamento público (coleta de esgotos, tratamento de esgotos, resolvendo problemas sanitários de doenças de veiculação hídrica). Desta forma, é possível ampliar a capacidade de abastecimento de água para os usos múltiplos e estimular a economia, além de melhorar a qualidade de vida e promover a geração de emprego e renda (TUNDISI, 2008).

A Figura 4 apresenta a distribuição percentual das vazões de retirada, por uso e Região Hidrográfica. A região hidrográfica Atlântico Leste é caracterizada pelo predomínio dos usos urbano e para irrigação, em relação aos demais. Nesta região, a soma das vazões de retirada para irrigação e abastecimento urbano totaliza mais de 70% de toda a demanda da região. Destaca-se a localização, nesta região hidrográfica, da Região Metropolitana de Salvador, que contribui com grande parcela da demanda urbana (ANA, 2009).

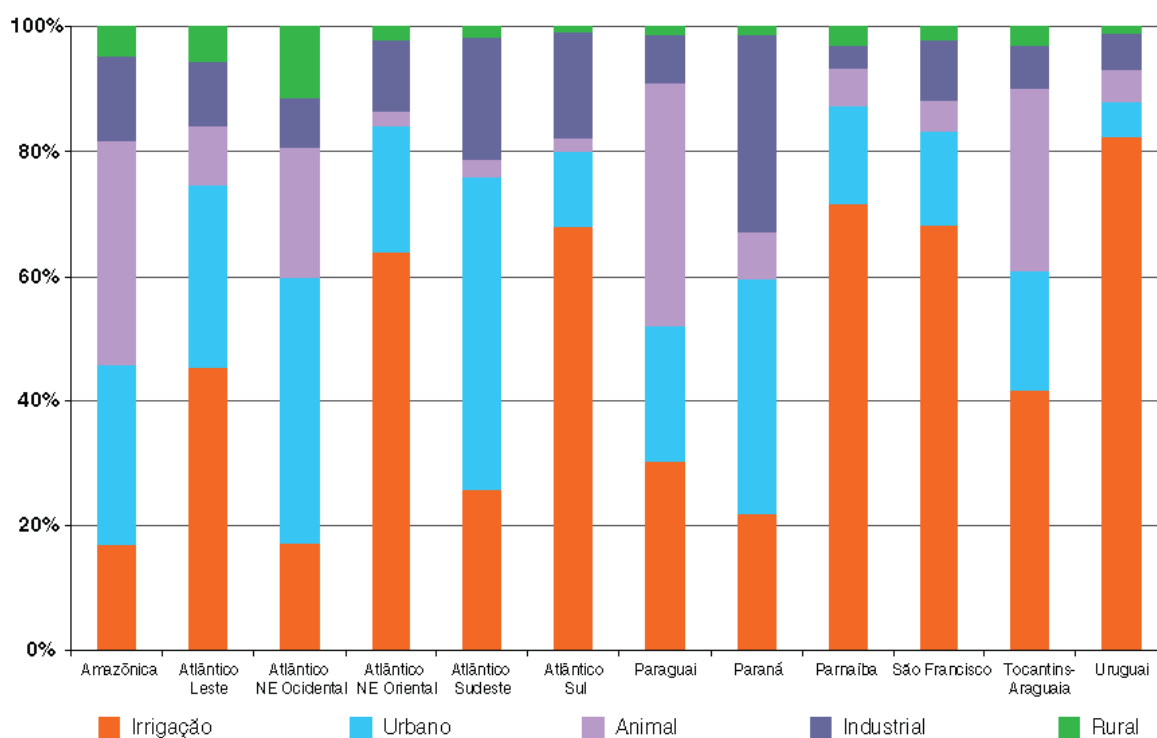


Figura 4 – Distribuição percentual das vazões de retirada, por uso e Região Hidrográfica.

Fonte: ANA (2009)

Nas regiões do São Francisco, Uruguai, Costeira do Sul, Atlântico Nordeste Oriental e Parnaíba há um predomínio claro das vazões de retirada para irrigação, em relação aos demais usos. Destacam-se na região Costeira do Sul e Uruguai a grande demanda para irrigação por inundação (arroz inundado), na região do São Francisco a irrigação para fruticultura no Pólo Barreiras (produção de soja) e perímetros, na Costeira do Nordeste Ocidental, a irrigação para fruticultura na Zona canavieira e perímetros .

Nas regiões do Paraná e Costeira do Sudeste predominam os usos industrial, urbano e para irrigação em relação aos outros usos, chegando a totalizar mais de 90% da demanda total. As regiões metropolitanas de São Paulo e Curitiba (RH do Paraná) e as regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e Vitória (RH Atlântico Sudeste) estão localizadas nessas regiões.

As regiões Amazônica e do Paraguai possuem baixas vazões de retirada, onde o uso animal pode ser singularmente preponderante em relação aos demais usos.

Na região Atlântico Nordeste Ocidental, onde está localizada a cidade de São Luís, capital do estado do Maranhão, o uso urbano é preponderante em relação aos demais, chegando a 50% de toda a demanda na região.

Na região Tocantins – Araguaia, os usos preponderantes são os de irrigação e animal, onde ambos totalizam mais de 65% de toda a vazão de retirada. Destacam-se as atividades de pecuária e o Projeto Formoso de irrigação.

Lanna (2008) observa a existência de atuais e potenciais conflitos de usos de água entre os setores de geração de energia, navegação, irrigação e saneamento, seja pelo uso expressivo de água, seja pelas interferências que causam no regime hidrológico. A escassez da água pode ocorrer devido à falta do recurso ou por conflitos de uso.

Como exemplo atual, temos as regiões hidrográficas do Tocantins-Araguaia, do Parnaíba, do São Francisco (em razão de usinas existentes), do Atlântico SE (no Rio Paraíba do Sul), do Paraná (em razão de usinas existentes), onde há maior destaque para os conflitos entre hidrelétricas e navegação, tendo em vista que os regimes hidrológicos e hidráulicos estabelecem restrições a estes usos (LANNA, 2008). Segundo Tundisi (2008), a matriz energética do Brasil demanda 50% dos recursos hídricos superficiais.

A agricultura irrigada, como o maior usuário de água em qualquer região do país, além do saneamento ambiental, que se refere a assimilação de esgotos pelos corpos de água, de cujo equacionamento depende a qualidade hídrica e sua adequação às demandas, em especial as relacionadas à segurança alimentar humana e animal, são usuários identificados na ocorrência atual e/ou potencial de conflitos de uso da água (LANNA, 2008).

2.4 Água Subterrânea

Devido à degradação de sua qualidade, que se acentuou a partir da II Guerra Mundial, a água doce em diversas regiões do mundo perdeu sua característica de recurso renovável, principalmente nos países periféricos, na medida em que efluentes domésticos e/ou industriais são lançados em corpos d'água sem tratamento ou inadequadamente (CAPUCCI, 2001). Devido a este fato, a água subterrânea tem-se tornado uma importante alternativa como fonte de abastecimento de água em função de uma série de fatores que restringem a utilização das águas superficiais, como também devido ao crescente aumento dos custos da sua captação, adução e tratamento. Em decorrência do desenvolvimento tecnológico e da maior oferta deste recurso, o interesse pelo uso da água subterrânea vem crescendo ao longo dos últimos anos (CAPUCCI, 2001).

A água subterrânea é a água que infiltra no subsolo, acumula-se e circula nos vazios existentes nas rochas e nos solos. Estes vazios podem ser espaços intersticiais dos grãos (rochas sedimentares ou solos), fraturas ou vazios divisionares (rochas ígneas ou metamórficas), vazios de dissolução (rochas calcáreas) e vazios vesiculares (rochas ígneas e vulcânicas) (POPP, 1998).

A denominação atual mais frequente passou a ser “águas subterrâneas”, pois a partir da década de 70 esta denominação passou a compreender toda a água que ocorre abaixo da superfície de uma determinada área, água do solo, água da zona não saturada, água da zona saturada, água de camadas aflorantes muito permeáveis (aquífero livre), água de camadas encerradas entre outras relativamente menos permeáveis (aquífero confinado), água de camadas relativamente argilosas (aquitardes), água de camadas muito argilosas (aquiludes) (REBOUÇAS, 2006b).

Se for feito um corte vertical do solo, para analisar o perfil de distribuição da água subterrânea ao longo do perfil estratigráfico, pode-se verificar uma clara separação por zonas de água existentes (POPP, 1998). À medida que se aprofunda no solo, percebe-se a disposição da água em relação às diferentes regiões (Figura 5). Sob a camada inicial de solo úmido está a *zona de aeração* ou *insaturada*, onde as partículas de solo estão cobertas com um filme de água, mas existe ar entre as partículas. Mais abaixo, localiza-se a *zona saturada*, em que a água deslocou todo o ar (BAIRD, 2002; PEDROSA e CAETANO, 2002).

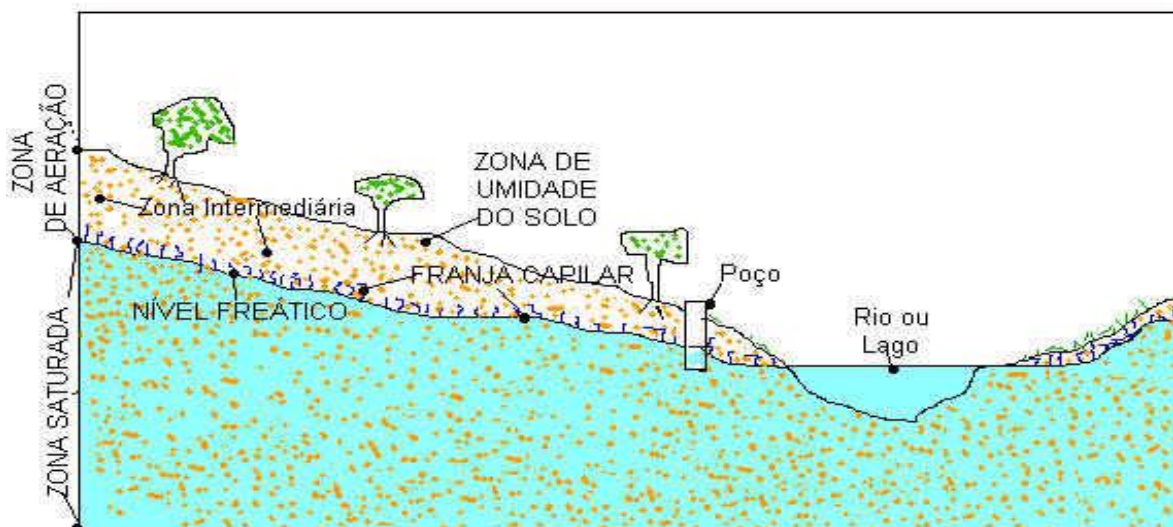


Figura 5 - Zonas de ocorrência da água no solo de um aquífero freático.

Fonte: Pedrosa e Caetano, 2002

A zona de aeração é a parte do solo que está parcialmente preenchida por água. Nesta zona, a água ocorre na forma de películas aderidas aos grãos do solo. Solos muito finos tendem a ter mais umidade do que os mais grosseiros, pois há mais superfícies de grãos onde a água pode ficar retida por adesão.

Na zona de aeração podem ser distinguidas a zona de umidade do solo, a zona intermediária e a franja de capilaridade.

A zona de umidade do solo é a parte mais superficial, onde a perda de água de adesão para a atmosfera é intensa. Em alguns casos é muito grande a quantidade de sais que se precipitam na superfície do solo após a evaporação desta água, dando origem a solos salinizados ou a crostas ferruginosas (lateríticas).

A zona intermediária é a região compreendida entre a zona de umidade do solo e a franja capilar, com umidade menor do que na franja capilar e maior do que na zona superficial do solo.

A franja de capilaridade é a região mais próxima ao nível d'água do lençol freático, onde a umidade é maior devido à presença da zona saturada logo abaixo. A água existente nesta zona é denominada água capilar, originada do contato com a água do nível freático e que ascende devido a forças capilares.

A zona de saturação é a região abaixo do lençol freático (nível freático) onde os poros ou fraturas da rocha estão totalmente preenchidos por água. Observe-se que em um poço escavado num aquífero deste tipo a água o estará preenchendo até o nível freático. Em

aqüíferos freáticos o nível da água varia segundo a quantidade de chuva. Em épocas com mais chuva o nível freático sobe e em épocas em que chove pouco o nível freático desce. Um poço perfurado no verão poderá ficar seco caso sua penetração na zona saturada for menor do que esta variação do nível d'água.

Quando as formações geológicas (rochas e solos) armazenam água e a liberam em quantidade suficiente para determinado fim, são denominados aqüíferos (PAIVA, 2003).

Entretanto, certas rochas sedimentares, como argilas e folhetos, apesar de conseguirem reter grande quantidade de água, ou seja, apesar de sua porosidade (capacidade que o solo ou rocha tem de armazenar água), são impermeáveis. Sendo assim, estes corpos rochosos recebem uma denominação diferente. Quando são formados por solos ou rochas porosas, mas sem permeabilidade (capacidade que a rocha ou solo tem de armazenar e transmitir a água), sem circulação, como argilas e folhetos, são chamados *aquícludos*. Existem ainda as rochas totalmente destituídas de vazios, como granitos, por exemplo, que são chamadas de *aquílugos* (POPP, 1998).

Na formação dos aqüíferos, a água percola o solo, preenchendo gradualmente os poros deste, saturando a faixa inferior dos solos e rochas (CAPUCCI, 2001). A principal fonte das águas subterrâneas é a água da chuva que infiltra no solo até atingir a zona saturada (BAIRD, 2002). Através de um fluxo muito lento, esta água também alimenta rios, lagos e mares ou emerge à superfície, formando fontes (CAPUCCI, 2001). Entretanto, a direção do fluxo d'água de um corpo d'água superficial pode variar sazonalmente, ou seja, durante a estação chuvosa, a água flui dos corpos 'água superficiais para a água subterrânea, enquanto na estiagem o fluxo pode se inverter (CAPUCCI, 2001).

Se o aqüífero recebe reposição de água da chuva, são considerados "renováveis". O período de renovação dos aqüíferos depende do tamanho e da localização climática dos aqüíferos, podendo variar de dias e semanas (rochas cársticas), ano a milhares de anos em grandes bacias sedimentares. Entretanto, em regiões onde a reposição atual é muito limitada (como regiões áridas e hiperáridas), os recursos hídricos subterrâneos podem ser considerados "não renováveis".

Recarga de chuvas antigas nos períodos geológicos Plestocênicos e que permaneceram estocadas desde aquela época tem sido chamada "água fóssil", embora não seja o termo mais correto de ser utilizado, pois implicaria em uma mudança de estado (ou seja, fóssil é a petrificação dos materiais orgânicos) (PURI e AURELI, 2009).

Os rios fluem a velocidades médias globais da ordem de km/dia, resultando assim num tempo de residência da água em torno de dezoito a vinte dias, ou seja, rápido período de

renovação, já as águas subterrâneas fluem a velocidades da ordem de cm/dia, resultando em tempos de residência que variam de alguns anos nos aquíferos rasos, de várias dezenas e até milhares de anos nos aquíferos confinados e/ou muito profundos. Sendo assim, quando os rios drenam regiões com grandes reservas de água subterrânea, estes rios têm regime de fluxo perene (REBOUÇAS, 2006a).

Os aquíferos e águas subterrâneas em si formam um componente do contexto mais amplo do sistema do ciclo hidrológico e, assim, uma parte inseparável do ambiente operacional em uma complexa inter-relação. As águas subterrâneas têm um papel ecológico, pois quando descarregada de um aquífero, alimentam as descargas de primavera, o fluxo de base dos rios, lagos e zonas húmidas e os habitats encontrados nos mesmos (PURI e AURELI, 2009).

Os aquíferos têm diferentes denominações conforme sua relação com as camadas não saturadas (PAIVA, 2003). Um aquífero livre ou aquífero não confinado (Figura 6) ocorre quando a superfície que limita a zona saturada coincide com o lençol freático (CAPUCCI, 2001). Neste caso, um poço feito neste aquífero é denominado poço sem pressão, pois está sujeito apenas à pressão atmosférica, de sorte que a extração de água é feita por bombeamento (POPP, 1998).

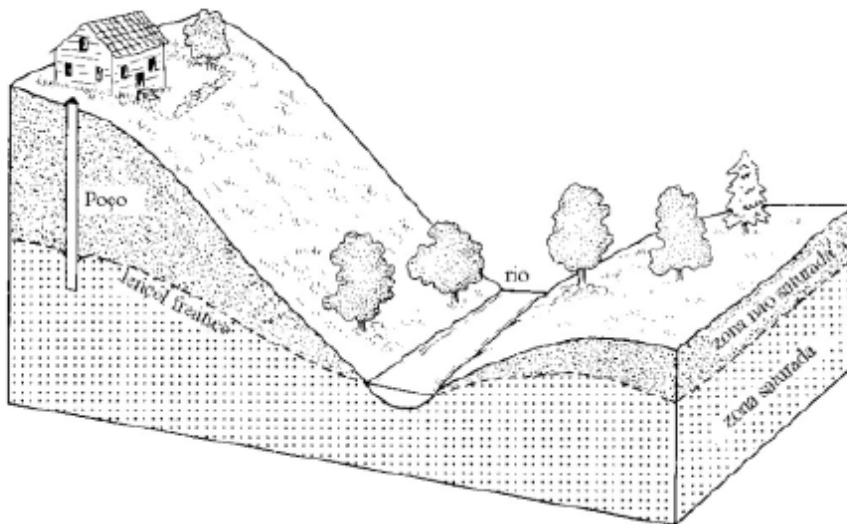


Figura 6 - Poço de aquífero livre.

Fonte: adaptado de Fetter (1994), apud Capucci, 2001

Aquífero confinado, artesianos ou sob pressão (Figura 7) ocorre quando o aquífero encontra-se entre duas camadas impermeáveis, estando sob pressão superior à pressão

atmosférica. Neste caso, o poço que capta água deste aquífero é denominado poço artesiano, porque seu nível de água está acima do lençol freático. O nível de água é denominado nível artesiano, e quando este se eleva acima da superfície do solo o poço é chamado de surgente ou jorrante. Quando seu nível não chega à superfície, o poço é denominado não surgente e a captação de água é feita por bombeamento (CAPUCCI, 2001).

PAIVA (2003) ainda cita um caso especial de aquífero não confinado, que geralmente possui pouca extensão de área com distribuição espacial geralmente restrita e sazonal, baseado nos regimes pluviométricos. Este aquífero é denominado *aquífero suspenso* e ocorre quando o volume de água subterrânea está separado da água subterrânea principal por um estrato relativamente impermeável. Após infiltrar no terreno, a água encontra o obstáculo impermeável e este impede sua descida até o lençol freático.

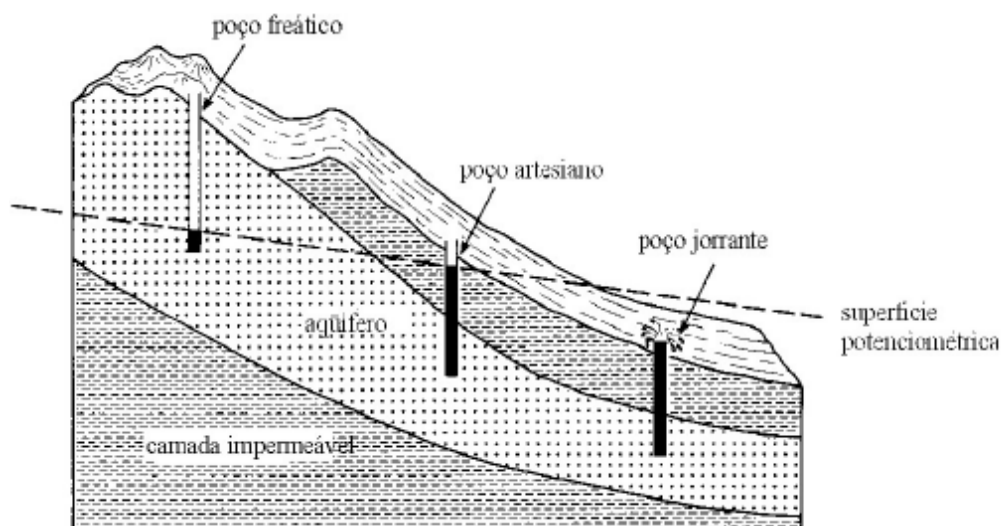


Figura 7 - Aquífero artesiano (adaptado de Fetter, 1994 apud Capucci, 2001)

Pode-se ainda caracterizar os aquíferos de acordo com as características das formações rochosas ou camadas geológicas onde ocorrem (PAIVA, 2003 e CAPUCCI,2001):

- Aquífero granular ou poroso – onde a água se acumula e flui pelos espaços intergranulares ou poros dos solos ou rochas sedimentares. Como exemplos os arenitos e aluviões (PAIVA, 2003 e CAPUCCI,2001).
- Aquífero fissural ou de fraturas – a água se acumula nas fraturas e fendas abertas das rochas cristalinas (ígneas e metamórficas) que são compactas e duras com baixíssima permeabilidade. Como exemplos, têm-se os granitos, gnaisses e diabásio.

- Aquífero cárstico ou cavernoso – a água ocupa os espaços vazios provenientes da dissolução de porções do material original, principalmente rochas carbonáceas (regiões castiças) como calcáreos e mármore.

Os fluxos subterrâneos nos aquíferos, livres ou confinados, percorrem trajetórias mais ou menos longas, dirigindo-se dos setores potenciais hidráulicos mais elevados, para aqueles, comparativamente mais baixos, ou seja, dos setores de colinas para os vales. Sendo assim, há fluxos subterrâneos locais, intermediários e regionais, os quais influenciam a composição química da água devido às interações químicas água/rocha (REBOUÇAS, 2006b).

Os fluxos subterrâneos locais que percorrem pequenos trajetos no subsolo, descarregando nas imediações onde ocorrem as infiltrações ou recargas, regra geral possuem característica hidrocarbonatada devido a conservarem a influência marcante da sua origem atmosférica ou meteórica (rica em CO e CO₂), entretanto, estes compostos carbonatos são os primeiros a desaparecer da composição química de uma água devido à sua solubilidade relativamente baixa. Nos fluxos intermediários e regionais as águas percorrem caminhos mais longos, interagindo quimicamente por um maior período com as rochas. Sendo assim, os sistemas de fluxo intermediário, regra geral, resultam em águas da classe sulfatada. Já no sistema de fluxos regionais, a composição dominante tende a ser do tipo cloretada, pois estes constituintes têm, comparativamente, maiores índices de solubilidade química (REBOUÇAS, 2006b).

Outro aspecto importante a se considerar quanto ao sistema de fluxos, é que um poço profundo – da ordem de centenas de metros – capta água resultante dos fluxos intermediário ou regional, ao passo que um poço raso, vizinho, é abastecido pelo sistema de fluxo local. Sendo assim, de uma maneira geral, as águas captadas em um poço profundo são recarregadas em colinas distantes. Desta forma, uma fonte de contaminação localizada nas proximidades de um poço profundo bem construído, não representa, necessariamente, um risco de contaminação de suas águas, entretanto é identificada como responsável pela contaminação de um poço raso (REBOUÇAS, 2006b).

Segundo Lopes (1994), o uso de água subterrânea vem crescendo nos últimos anos por razões ambientais, técnicas e econômicas, como fonte alternativa e complementar de abastecimento de água potável em áreas urbanas atendidas pelo sistema de abastecimento público por razões de qualidade, quantidade, custo ou associação destes e também sendo excelente fonte estratégica de água potável para a zona rural, pequenas cidades, comunidades isoladas.

Apesar de a água subterrânea ser um recurso abundante no Brasil, deve-se respeitar seu potencial de reabastecimento, ou seja, sua extração de água num aquífero nunca pode ultrapassar sua recarga. A sobreexploração deste recurso, por longos períodos de tempo pode acarretar sérios problemas como: secamento de poços rasos utilizados para abastecimentos locais e irrigação; aumento da profundidade onde se encontra o lençol d'água, acarretando maiores gastos na perfuração e na utilização de energia para bombeamento; os aquíferos litorâneos podem sofrer contaminação por intrusão da cunha salina (água do mar), e ocorrência do fenômeno da subsidência (abaixamento do terreno) de terrenos, devido à compactação gradual do solo (CAPUCCI, 2001).

Além da sobreexploração, o outro problema ambiental que pode afetar as águas subterrâneas é a poluição. Em áreas não industrializadas, a causa pode ser diversa, como fertilizantes, pesticidas, fossas sépticas, drenagens urbanas e poluição do ar e das águas superficiais. O único método eficaz de controle desse tipo de poluição é o manejo integrado dos usos do solo e da água (CAPUCCI, 2001). Quando um poço é construído sem atender às características técnicas mínimas necessárias de uso e proteção, ele poderá transformar-se num foco de contaminação do solo-subsolo e águas subterrâneas (REBOUÇAS, 2006b)

2.4.1 Água subterrânea no mundo e no Brasil

A água subterrânea é amplamente utilizada no mundo. Nos Estados Unidos, os poços abastecem 39% dos serviços municipais de água, 75% da população rural e do abastecimento de indústrias. Na Comunidade Econômica Européia, sua utilização é controlada. O atendimento prioritário é dos serviços públicos, abastecendo em média 75% dos sistemas. Em alguns países, como Dinamarca, Suécia, Bélgica, Alemanha e Áustria, chega a ser superior a 90% (OECD,1998 apud REBOUÇAS, 2006b). Na Austrália, 60% do país depende totalmente das águas subterrâneas.

De acordo com a Agencia Nacional de Águas (ANA, 2002b), estima-se que o volume de água subterrânea no Brasil é da ordem de 112.000 Km³. Até 2002, as estimativas eram de aproximadamente 300.000 poços sendo usados, e mais de 10.000 são perfurados a cada ano. Cidades como Ribeirão Preto (SP), Mossoró e Natal (RN), Maceió (AL), Barreiras (BA) e a região metropolitana de Recife (PE), dependem totalmente ou parcialmente de água subterrânea para seus suprimentos. No Maranhão, mais de 70% das cidades são supridas por

água subterrânea, e no Piauí, essa parcela ultrapassa a 80%. No Brasil, não há um controle da utilização das águas subterrâneas, sendo difícil caracterizar seu nível de utilização (Rebouças 2006b).

O Estado do Rio de Janeiro possui uma área de aproximadamente 44.000 Km², com uma complexa geologia. Rochas Magmáticas e Metamórficas ocupam cerca de 80% do seu território, significando que o principal tipo de sistema aquífero do Estado do Rio de Janeiro é do tipo fissural, ou seja, a água circula e armazena-se em fissuras e falhas dessas rochas. Nos 20% restante da sua área, ocorrem rochas sedimentares e sedimentos variados, na qual se encontra inserida a porção continental da bacia Sedimentar de Campos dos Goytacazes, dentre outros municípios (CAPUCCI, 2001). Em condições favoráveis, os aquíferos porosos tendem a ser mais produtivos que os fissurais (CAPUCCI, 2001).

2.4.2 Águas superficiais em Campos dos Goytacazes

O município de Campos dos Goytacazes é bem servido por recursos hídricos, tanto com relação às fontes superficiais como em função da água existente no subsolo (PEREIRA, 1987 apud AZEVEDO NETO, 2007). Segundo Pereira (1995), aqui no Brasil, se não levarmos em consideração a existência da Amazônia que é a área com maior disponibilidade hídrica do país e com densidade populacional baixa, a região onde se localiza Campos dos Goytacazes é uma das áreas mais abundantes em recursos hídricos, com água disponível para toda sua área cultivável e para atender à demanda de sua população, que em comparação com a Amazônia, é bem mais densa (PEREIRA, 1987 apud AZEVEDO NETO, 2007).

O Município de Campos dos Goytacazes, localizado na região Norte Fluminense, fica situado no baixo curso da bacia do rio Paraíba do Sul, onde na região da Baixada Campista possui inúmeras lagoas, córregos e canais artificiais. Além disso, possui também grande potencial hidrogeológico de águas subterrâneas (FREITAS, 2003).

O abastecimento de água da população do município de Campos dos Goytacazes é feito por meio de duas formas de captação: superficial e subterrânea. A superficial é através do Rio Paraíba do sul, e a subterrânea é feita por meio de poços profundos e uma grande quantidade de poços rasos (cacimba) (CAETANO, 2000; CORIDOLA, 2005).

No que diz respeito às águas superficiais, podemos encontrar três unidades hidrográficas no município: bacia do Rio Itabapoana;, bacias contribuintes à Lagoa Feia e bacia do Paraíba do Sul (PERFIL, 2005).

A bacia do Rio Itabapoana abrange uma pequena faixa drenando a porção norte do município de Campos, sendo que o córrego Santo Eduardo é o contribuinte mais importante do Rio Itabapoana (PERFIL, 2005).

As bacias contribuintes à Lagoa Feia abrangem os corpos d'água localizados entre a desembocadura do Paraíba do Sul (margem direita) e o divisor de águas onde nascem os afluentes do Rio Macaé (margem esquerda) (PERFIL, 2005). Seus principais tributários são os rios Macabu e Imbé, de forma que o primeiro é o seu principal contribuinte (DE OLIVEIRA, 2007). A Lagoa Feia funciona como um grande estabilizador de águas para a planície fluvio-marinha. Entretanto, este papel vem sendo comprometido devido à redução de sua profundidade provocada pelo seu contínuo processo de assoreamento juntamente com a eutrofização de suas águas pelo despejo de matéria orgânica e de fertilizantes químicos vindos de usados nas lavouras, tendo como consequência a contribuição para o agravamento das enchentes (DE OLIVEIRA, 2007).

O Rio Paraíba do Sul nasce no Estado de São Paulo e passa pelos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro antes de desembocar no delta do Paraíba em São João da Barra, no Norte Fluminense, percorrendo uma extensão de aproximadamente 1.150 km (PEREIRA, 2003).

A bacia do Paraíba, como um todo, sofre por problemas críticos em todos os seus aspectos ambientais, que vão desde a falta de florestas (reduzidas a 11% da cobertura original) à contaminação de suas águas por esgoto doméstico e industrial sem tratamento adequado, além do esgotamento da capacidade produtiva dos seus solos (BRAGA, 2008).

A bacia do Paraíba do Sul abrange também o trecho percorrido pelo rio Paraíba do Sul na baixada dos Goytacazes, e que desemboca no oceano após formar um amplo delta (PERFIL, 2005). No município de Campos, a bacia do Rio Paraíba abrange cerca de 32% do total de seu território e na área urbana, localiza-se na parte central (RAMALHO, 2005).

Segundo Cordeiro (2008), durante os períodos de chuva é que o Rio Paraíba do Sul apresenta maiores valores de cor e de turbidez provocados principalmente pela grande carga de sedimentos e de matéria orgânica recebida pelo rio. Isto acontece, possivelmente, devido à ausência da mata ciliar, característica das margens do rio Paraíba do Sul em seu baixo curso, principalmente na margem esquerda. Outra preocupação é a qualidade da água no município,

especialmente os aspectos bacteriológicos, pois este rio recebe uma grande quantidade de esgoto *in natura* durante seu percurso (CORDEIRO, 2008; KURY, 2008).

De acordo com Mendonça (2002), o rio encontra-se num avançado estado de degradação com a presença de desmatamento, queimadas, ocupações indevidas, emissões de efluentes industriais, esgotos domésticos e hospitalares, lixo, etc., necessitando da implantação de políticas ambientais para reverter este quadro.

De acordo com a SERLA¹ (2008), os principais usos do Rio Paraíba do Sul dentro da cidade de Campos dos Goytacazes são para irrigação e diluição de esgoto.

A região Norte Fluminense, especificamente a Baixada Campista, possui problemas relacionados ao uso da água, principalmente quanto à sua disponibilidade, qualidade, distribuição e gestão administrativa. Apesar de ser bem servida de recursos hídricos, como o Paraíba do Sul, Lagoa Feia, Lagoa de Cima, Lagoa do Campelo, dentre outras, além de muitos quilômetros de canais artificiais (cerca de 1500 km, considerando toda a baixada Campista), a região não possui sistema de gestão e controle eficientes para manter a sustentabilidade necessária de seus recursos hídricos (MENDONÇA, 2007).

Embora o Rio Paraíba do Sul seja caudaloso, ele não vem apresentando uma quantidade suficiente de água para conseguir, por meio da força da gravidade, impulsionar as águas dos canais da baixada campista que cortam as diversas propriedades. Quando o rio atinge sua cota viável, a captação de água para os canais ocorre de forma natural. Mas atualmente, em períodos de escassez de chuvas, o seu nível de água fica abaixo das comportas dos canais, com uma cota de 5,40 metros, causando diversos transtornos, tanto para o setor primário, como para o setor secundário, submetendo a atividade açucareira ao processo de bombeamento eletromecânico (AZEVEDO NETO, 2007).

A rede de canais da Baixada Campista é um complexo e frágil sistema hidráulico devido às grandes dimensões dos canais primários e alguns secundários (média de 50 km de extensão) e suas baixas declividades (inferiores a 0,02%). Devido a estas características, qualquer assoreamento ou obstrução no leito dos canais compromete o deslocamento das águas em direção as regiões interiores gerando problemas de abastecimento ou inundações em suas áreas de influência (Mendonça, 2007). De Oliveira (2007) destaca que associados às baixas declividades e grandes comprimentos canais, obras hidráulicas subdimensionadas ao longo do sistema (bueiros, pontes, passagens e outros) comprometem ainda mais a eficiência de condução nos canais.

¹ Entrevista com o representante da Serla: Alan Carlos Vargas sobre o Rio Paraíba do Sul no Município de Campos dos Goytacazes, RJ, em 2008

2.4.3 Águas subterrâneas em Campos dos Goytacazes

Localizado na porção sedimentar do território brasileiro (CAPUCCI, 2001), o Município de Campos dos Goytacazes apresenta elevada potencialidade hídrica subterrânea, mesmo sob condições geológicas diferentes (CAETANO, 2000), e seu aproveitamento, segundo estudos da ENCO (Engenharia Consultoria Planejamento Ltda), pode ser feito a um custo mais baixo do que a água superficial (CAETANO, 2000).

De acordo com Caetano (2000), o município de Campos dos Goytacazes, por suas características litológicas, estruturais, sedimentares e estratigráficas permitiu a formação de dois sistemas de aquíferos: O Sistema Aquífero Fraturado de Embasamento Cristalino e o Sistema Aquífero Sedimentar, sendo que, segundo estatísticas de Capucci (2001), dos 48 poços existentes, 44 eram do Sistema Poroso, havendo um predomínio do Sistema Aquífero Poroso.

O Sistema Aquífero Fraturado de Embasamento Cristalino, através de seu grau de fraturamento, propiciou a formação de aquíferos de pequena vazão, mas de boa qualidade (CARVALHO, 1998, apud CAETANO, 2000). Localizam-se a sudoeste e ao norte do município compreendidas pelos distritos de Murundu, Santa Maria, Ibitioca, Vila Nova de Campos, Morro do Coco, Conselheiro Josino, entre outros, num total de 1656 Km².

O Aquífero fraturado, formado por rochas pré-cambrianas, apresenta baixo potencial, com capacidade específica variando de 0,021 a 1,53 m³/h/m e valores médios de vazão de 5,73m³/h (Freitas, 2003). Segundo Santos (2004), o Sistema Aquífero Fraturado é considerado um aquífero descontínuo, de porosidade secundária (fissuras) e de caráter livre a semiconfinado, que está associado às zonas de fraqueza e ruptura das rochas do embasamento cristalino.

O Sistema Aquífero Sedimentar favoreceu a formação de dois tipos de sistemas aquíferos sedimentares: Sistemas Aquíferos Terciários e Sistemas Aquíferos Quaternários Deltáicos, que ao todo atingem uma área de aproximadamente 3.801 km², abrangendo os municípios de Campos dos Goytacazes, São João da Barra e São Francisco do Itabapoana (CAETANO, 2000).

Em relação aos sedimentos terciários, formaram-se dois aquíferos: Aquífero Formação Barreiras e Aquífero Formação Emborê.

A Formação Emborê, é caracterizada por areias quartzosas, arenitos e matriz argilosa, com grãos fracamente consolidados por material carbonático, por vezes intercalados por

argilitos fossilíferos, calcarenitos, calciruditos e dolomitos. Possui transmissividade de $191,40\text{m}^2/\text{dia}$; e produtividade em torno de $3,5\text{m}^3/\text{h}/\text{m}$ e vazão média de $70,93\text{ m}^3/\text{h}$ (FREITAS, 2003). Caetano (2000) estima que a área ocupada pelo Aquífero Formação Emborê seja de 345 Km^2 .

O Aquífero Formação Barreiras, com características de confinado a não confinado, é formado por sedimentos permeáveis compostos por arenitos, siltitos, argilitos e conglomerados continentais de idade cenozóica. Apresenta valores de transmissividade médios entre $110,18$ e $222,52\text{ m}^2/\text{dia}$, produtividade média de $1,09$ a $2,45\text{ m}^3$ e valores médios de vazão entre $34,55$ e $47,17\text{ m}^3/\text{h}$ (FREITAS, 2003).

Este aquífero estende-se de dentro da Bacia de Campos para os municípios de Macaé, Quissamã, São João da Barra, São Francisco do Itabapoana e Campos dos Goytacazes. Considerando apenas os municípios de Campos dos Goytacazes, São João da Barra e São Francisco, a extensão aproximada deste aquífero é de 2.645 km^2 (CAETANO, 2000).

O Aquífero Quaternário Deltáico é formado por solos residuais, areias, cascalhos, argilas e siltes, atingindo até 120 m de espessura. Neste sistema, Caetano (2000) encontrou elevada transmissividade média com $8.193,00\text{ m}^2/\text{dia}$ e vazão média de $139,67\text{ m}^3/\text{h}$ (FREITAS, 2003).

O aquífero Quaternário Deltaico na região de Campos do Goytacazes é um aquífero livre, formado por depósitos recentes (SANTOS, 2004), que tiveram origem da integração de ambientes marinhos, de acumulação flúvio marinha, flúvio lacustres e acumulação fluvial, típicos de sedimentação deltaica numa região sujeita a movimentos tectônicos, transgressões e regressões marinhas (FREITAS, 2003).

Sua recarga provém principalmente do Rio Paraíba do Sul e dos canais de drenagem (CAETANO, 2000) com área de descarga na Lagoa Feia. Todos os poços perfurados sobre esta faixa preferencial obtiveram excelentes vazões de exploração, chegando a alcançar $300\text{ m}^3/\text{h}$ (vazão muito acima da encontrada no restante da área). As vazões específicas variam de $0,01$ a $139,24\text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$, os valores de transmissividade estão entre $0,678$ e $9023,00\text{ m}^2/\text{dia}$, e condutividades hidráulicas desde $0,012\text{ cm/s}$ a valores que podem ultrapassar $0,16\text{ cm/s}$. (FREITAS, 2003).

Segundo Freitas (2003), devido a Campos ser uma grande produtora de álcool, a fertirrigação engendra ou aumenta alguns problemas qualitativos encontrados na região, como por exemplo, índices de ferro, potássio e sódio fora dos padrões, além do nitrato sob áreas de concentração urbana encontrar-se fora dos padrões estabelecidos pela portaria vigente.

Ainda de acordo com Freitas (2003), o clima tropical (quente e seco na maior parte do ano), juntamente com processos agrícolas praticados na área do Aquífero Quaternário Deltáico e a influência marinha, incrementam a salinização do solo e da água subterrânea sendo, de maneira geral, a região sul/sudeste do aquífero a mais problemática do ponto de vista qualitativo, sendo ainda que os índices qualitativos estão sujeitos a mudanças de concentrações no decorrer do ciclo hidrológico devido à variação do nível de água na região de descarga.

Freitas (2003) identificou, em sua área de estudo, íons e parâmetros fora dos padrões de potabilidade estabelecidos pela portaria (1469/2000 do ministério da saúde, portaria vigente em 2000), indicando ter origem ligada a atividades humanas, como os canais de condução de vinhaça para fertirrigação e a própria geração e condicionamento de efluentes domésticos em fossas sépticas em grandes concentrações urbanas.

Segundo Caetano (2000), só se pode obter a direção e o sentido de fluxo de água subterrânea nos Aquíferos Quaternário Deltáico e do Aquífero Formação Emborê, mas é notória a direção como um todo de norte e noroeste para sul e sudeste. No Quaternário Deltáico, o fluxo ocorre do rio Paraíba do Sul em direção à lagoa Feia e ao Aquífero Emborê.

A captação de água do lençol freático no Município de Campos dos Goytacazes é algo comum. Poços rasos tipo cacimba são perfurados maciçamente. Entretanto estes são vulneráveis a diversos tipos de poluição e/ou contaminação, provocados por “fossas sépticas” (na verdade sumidouros), por tubulações de esgoto com fissuras, por disposição inadequada de resíduos sólidos e por muitas outras formas (CORIDOLA, 2005).

Muitas comunidades do município não recebem água tratada pela rede de abastecimento pública, por isso, a população busca alternativas de abastecimento de água da maneira mais econômica e prática encontrada, principalmente por meio de poços freáticos. Entretanto, nem toda a água consumida se encontra dentro dos padrões de potabilidade, devido principalmente às instalações inadequadas das fossas que se encontram muito próximas aos poços ou em lugares mais altos (ROSA, 2004).

Além disso, Cordeiro (2008), Rosa (2004) e Rocha (2003) encontraram contaminação de origem fecal em várias amostras feitas no município, associadas principalmente à proximidade a fossas sépticas, entre outras fontes de poluição.

Coridola (2005) em sua pesquisa dos aquíferos livres do Município de Campos dos Goytacazes, gerou um mapa da profundidade do lençol freático por meio da junção dos dados de profundidade do lençol freático espacializados no mapa de tipo de ocorrência de água subterrânea de Campos dos Goytacazes, conforme a Figura 8.

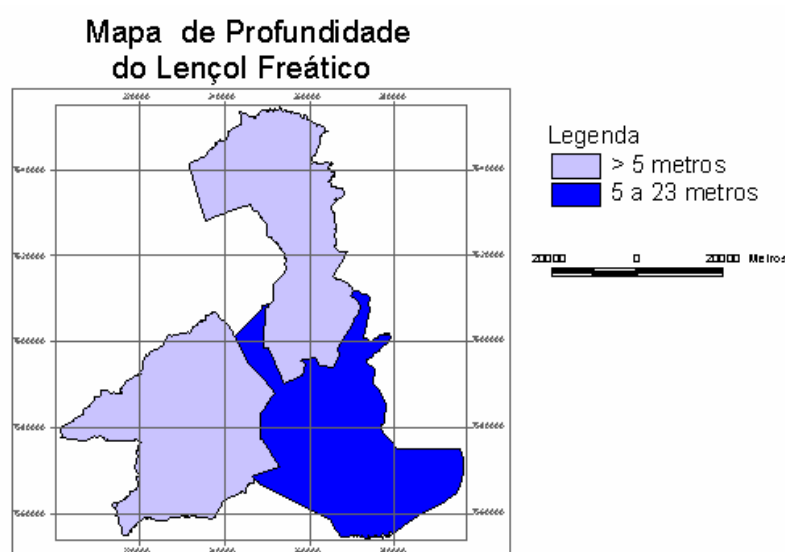


Figura 8 - Mapa de profundidade do lençol freático.
Fonte: Coridola, 2005

Na maior parte do município, onde a profundidade do lençol freático é maior que 5 metros, a topografia é composta por tabuleiros, colinas e serras localizadas no norte e sudoeste, como se pode ver na Figura 8. O restante varia entre 5 e 23 metros de profundidade (CORIDOLA, 2005).

Os aquíferos livres da bacia sedimentar de Campos dos Goytacazes são muito importantes devido ao seu alto potencial e à sua boa qualidade (SEMADS, 2001), mas apresentam vulnerabilidade variada, oscilando de baixa a extrema (ALVES, 2009 e CORIDOLA, 2005).

A Figura 9 mostra as classes de vulnerabilidade do município, que são classificadas em baixa, moderada, alta e extrema, originada do cruzamento de dados dos mapas: mapa de profundidade do lençol freático, mapa de recarga do aquífero, mapa de tipo de aquífero, mapa de tipo de solos, mapa de topografia, mapa de impacto da zona não saturada e o mapa de condutividade hidráulica.

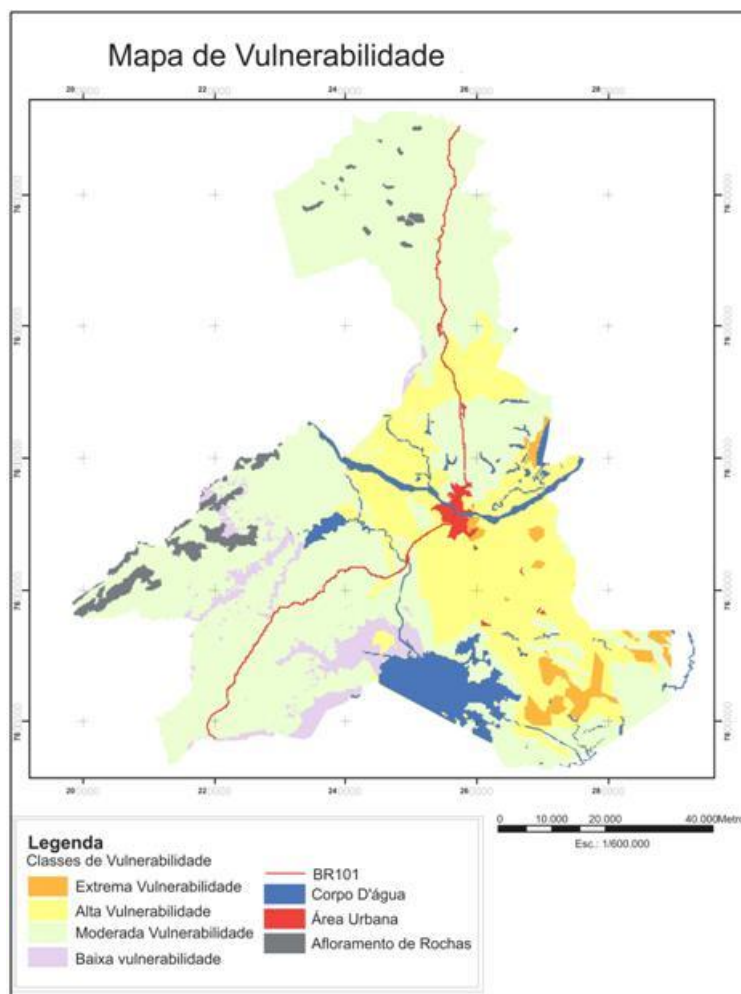


Figura 9 - Mapa da vulnerabilidade dos aquíferos livres no Município de Campos dos Goytacazes.
 Fonte: Alves, 2009

As áreas de vulnerabilidade *moderada* foram encontradas no sudoeste e ao norte do Município, onde ocorrem os solos residuais, nível d'água do lençol mais profundo e pequenas variações nos teores de argila. A topografia mais elevada que proporciona um maior escoamento superficial também influenciou (ALVES, 2009). Foram encontradas vulnerabilidades *moderada* e *alta* na Formação Barreira, justificada pelas características de seus sedimentos argilosos e arenosos. Um aspecto importante está relacionado a uma significativa recarga na região (ALVES, 2009).

Vulnerabilidade variando de baixa a extrema foi encontrada em Sedimentos Quaternários, caracterizada pela topografia plana, nível d'água mais elevado e também por sua recarga. A vulnerabilidade extrema desses sedimentos, localizada na parte central do Município, é justificada pelas áreas compostas por sedimentos que apresentam maior

condutividade hidráulica e que favorecem a alta probabilidade á infiltração (espodossolos e os bolsões de areia localizados nos Cambissolos Eutrófico e Neossolo Fluvico) (ALVES, 2009).

A vulnerabilidade alta e moderada é justificada pelos tipos de sedimentos dessas áreas, que apresentam sedimentos arenosos, materiais argilo-siltosos e argilosos da planície de inundação (ALVES, 2009), mesmo tendo uma profundidade maior do nível de água. Isto justifica a vulnerabilidade variando de moderada a alta na parte norte do município (CORIDOLA, 2005).

Os Gleyssolos, especialmente, situados ao sudeste do município apresentam uma vulnerabilidade *moderada* devido a uma maior recarga, enquanto os gleyssolos e organossolo, encontrados a sudoeste do Município, apresentam vulnerabilidade *baixa* devido ao fato de apresentarem baixa recarga (ALVES, 2009).

De uma maneira geral, as áreas que apresentaram vulnerabilidade baixa à moderada encontram-se nas morfologias de tabuleiros, colinas e serras, onde predominam os solos com maior teor de argila e nível de água mais profundo. As áreas que apresentaram vulnerabilidade alta são caracterizadas por níveis d'água pouco profundos, menores que cinco metros, e são constituídas por materiais com maior teor de areia e silte. Já as áreas que apresentaram vulnerabilidades extremas são caracterizadas por níveis d'água pouco profundos, menores que cinco metros, e por materiais muito arenosos (CORIDOLA, 2005).

2.5 Água e Saneamento

Um componente importante a ser observado no uso da água para a agricultura e que deve ser quantificado é a degradação da qualidade da água superficial e subterrânea. Os usos excessivos de fertilizantes na agricultura provocam a eutrofização de lagos, represas e rios. Combinados com alterações de drenagem, podem aumentar considerável e rapidamente os índices de estado trófico, incluindo as águas subterrâneas (TUNDISI, 2008).

Além da oferta natural de água, um aspecto muito importante e que tem afetado o Brasil é a degradação da qualidade da água, principalmente nas grandes metrópoles. Na maioria delas tem ocorrido uma sobreposição de problemas, como a poluição doméstica e industrial, além da ocupação irregular de encostas, alagados, várzeas e beiras de rios, que compromete a capacidade de abastecimento desses mananciais, resultando em escassez de água com qualidade adequada para consumo humano (IPEA, 2007).

No Brasil, os investimentos em proteção de recursos hídricos são pequenos, seletivos e corretivos, sob uma gestão estatal pouco eficiente. Desta forma, crescem os conflitos e problemas em torno da oferta e qualidade dos recursos hídricos, particularmente nas regiões hidrográficas já deficientes e problemáticas em oferta de água. Verifica-se também o agravamento da deterioração das águas subterrâneas e alguns sistemas e aquíferos, como também no das águas superficiais, principalmente devido ao incipiente investimento em saneamento básico (LANNA, 2008).

De acordo com o IBGE (2007), consideram-se como saneamento adequado ou completo os domicílios com serviços simultâneos de abastecimento de água por rede geral com canalização interna, ligados à rede geral de esgotamento sanitário e/ou rede pluvial, e com serviço de coleta de lixo diretamente no domicílio.

Em 1977, como resultado da Conferência de Mar Del Plata, o período de 1981-1990 foi declarado como “década internacional do Abastecimento de Água e Saneamento”, como o objetivo de prover “abastecimento adequado de água segura e saneamento apropriado para todos, até o ano de 1990” (HESPANHOL, 2006).

Assim, os países membros da ONU foram solicitados a preparar seus planos de ação e investimentos no setor e estabelecer suas próprias metas em função de suas peculiaridades, a fim de implantar rapidamente o programa. Passados aproximadamente 10 anos, foi constatado que para a eliminação dos déficits de abastecimento de água e saneamento, seriam necessárias várias décadas, principalmente para o setor rural de países em estágio de desenvolvimento (HESPANHOL, 2006).

Em setembro de 2000, durante a realização da Cúpula do Milênio, promovida pela ONU em Nova York, líderes de 189 países firmaram um pacto que ficou conhecido como *Declaração do Milênio*, cujo foco principal era o compromisso de combater a pobreza e a fome no mundo até 2015 (CERQUEIRA e FACCHINA, 2005), sendo que o Brasil foi um dos países signatários deste pacto. Na Declaração do Milênio foram acordados 8 objetivos, chamados Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), com 18 metas e 48 indicadores (CERQUEIRA e FACCHINA, 2005).

O saneamento básico e acesso à água segura estavam incluídos no conjunto das metas para Desenvolvimento do Milênio. Dentre os seus objetivos (ODM), o 7º é garantir a sustentabilidade ambiental, cuja respectiva meta é “reduzir pela metade, até 2015, a proporção da população sem acesso permanente e sustentável a água potável segura”. E os indicadores para cumprimento desta meta são: proporção da população (urbana e rural) com acesso a uma

fonte de água tratada e proporção da população com acesso a melhores condições de saneamento (CERQUEIRA e FACCHINA, 2005).

Quanto aos ODM, o Brasil tem avançado, mas ainda persistem muitas dificuldades, sobretudo relacionadas ao tamanho do país e às marcantes diferenças regionais e culturais (CERQUEIRA e FACCHINA, 2005).

Em 2008, o IBGE realizou a Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (PNAD 2008), onde, dentre outras coisas, investigou o sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Brasil. Segundo a IBGE (2008), no tocante ao sistema de abastecimento de água, os domicílios foram classificados em: com canalização interna (recebe água canalizada em pelo menos um cômodo da casa) e sem canalização interna (nenhum cômodo recebe água canalizada). Quanto à proveniência da água utilizada nos domicílios, foi classificada em rede geral (o domicílio recebe água vinda de uma rede geral de distribuição, com canalização interna ou, pelo menos, para o terreno ou propriedade em que se situa) ou outra (a água é proveniente de poço, nascente, reservatório abastecido por carro-pipa, coleta de chuva ou outra procedência que não se enquadre nas anteriormente descritas) (IBGE, 2008).

Ainda de acordo com os dados da PNAD 2008 (IBGE, 2009), o percentual de domicílios permanentes atendidos pela rede geral de abastecimento de água cresceu 0,7% em relação ao ano anterior – passou de 83,2% para 83,9% – mantendo sua tendência de crescimento. É importante lembrar que estes dados são referentes à rede geral de abastecimento de água, ou seja, não estão incluídas as soluções alternativas de abastecimento de água para consumo humano, que, como a portaria 518/2004 do Ministério da Saúde define, é “toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical”.

Este aumento na rede geral de abastecimento de água, estimativamente, significou, em termos de números absolutos, num acréscimo de 1886 mil unidades, destacando-se a Região Nordeste, que teve um acréscimo de 2,3 pontos percentuais em relação ao ano anterior, aumento este estimado em 770 mil domicílios (IBGE, 2009). Quanto à rede geral de abastecimento de água, o Estado do Rio de Janeiro encontra-se em 5º lugar (87,1%) em 2008, perdendo para São Paulo (96,7%), Distrito Federal (95,3%), Rio Grande do Norte (87,8%) e Minas Gerais (87,1%). No entanto, diferentemente do sistema de cobertura de esgotamento sanitário, entre 2007 e 2008, o crescimento foi positivo, embora muito pequeno. O incremento

foi de apenas 0,4%, passando de 86,7% em 2007 para 87,1% em 2008 (IBGE, 2009), como se pode observar na Figura a seguir.

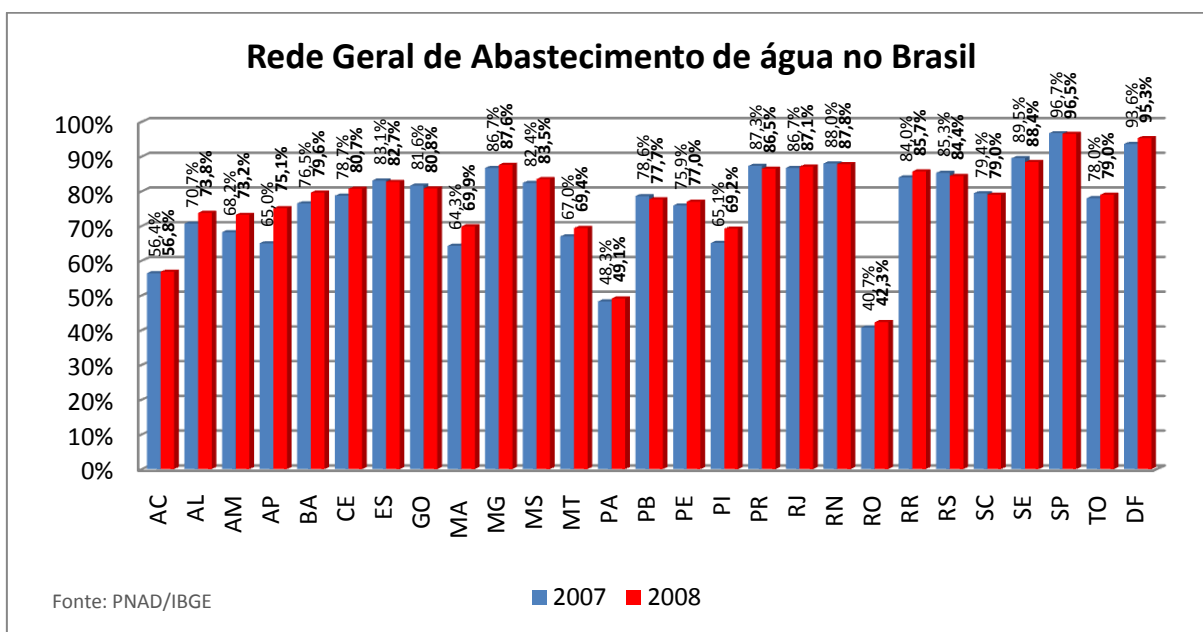


Figura 10 - Evolução da rede geral de abastecimento de água no Brasil entre 2007 e 2008.
Fonte: IBGE, 2009

Quando ao esgotamento sanitário na PNAD 2008, a pesquisa também foi realizada nos domicílios permanentes particulares. Quanto ao tipo de esgotamento, foi classificado em: rede coletora (quando possui canalização das águas servidas e dos dejetos ligados a um sistema de coleta que os conduz para um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não disponha de estação de tratamento da matéria esgotada), fossa séptica (quando as águas servidas e os dejetos são esgotados para uma fossa, onde passam por um processo de tratamento ou decantação, sendo a parte líquida absorvida no próprio terreno ou canalizada para um desaguadouro geral da área, região ou município), ou outro (quando os dejetos são esgotados para uma fossa rudimentar (fossa negra, poço, buraco, etc.), diretamente para uma vala, rio, lago ou mar, ou quando o escoadouro não se enquadra em nenhum dos tipos descritos anteriormente) (IBGE, 2008).

Em 2008, a rede de esgotos no Brasil cresceu apenas 1,4% em média, significando um aumento de aproximadamente 30.208 mil domicílios ligados à rede coletora de esgotamento sanitário. No ranking dos estados, o estado do Rio de Janeiro se encontrou em 3º lugar, com 88% da cobertura de esgoto em 2008, entretanto, as estatísticas apontam que a

porcentagem decresceu em relação ao ano anterior, 2007, quando a rede de esgoto era de 91%. Os líderes na cobertura de esgoto são o Distrito Federal e São Paulo, ambos demonstrando um pequeno crescimento entre 2007 e 2008. O primeiro cresceu de 95,1% para 96,8%, e o segundo, de 93,6% para 94,2%, respectivamente, conforme se pode ver na Figura 11 (IBGE, 2009).

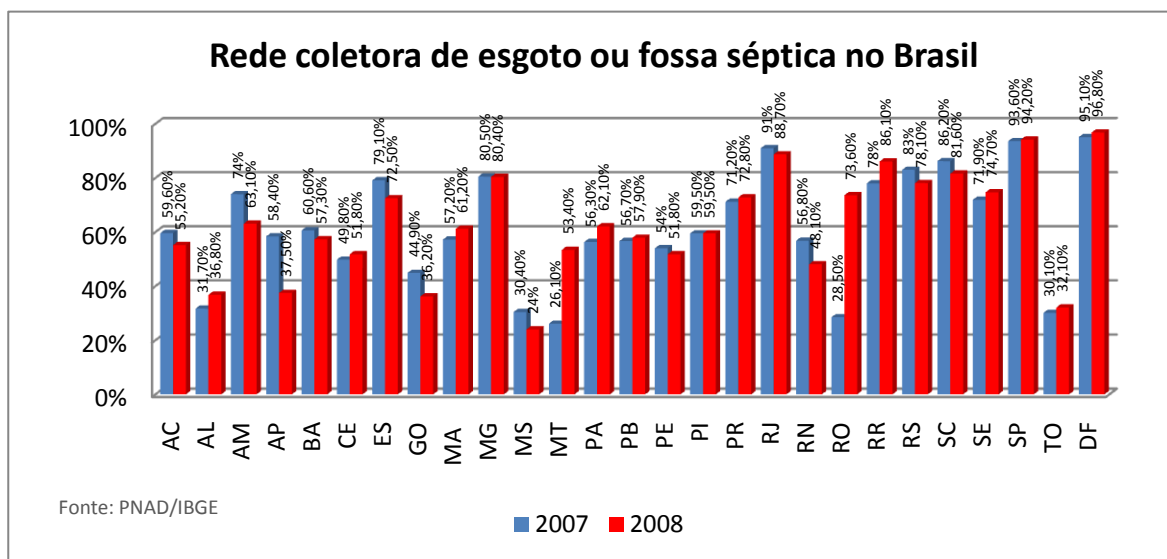


Figura 11 - Evolução da rede de esgoto ou fossa séptica no Brasil entre 2007 e 2008.

Fonte: IBGE, 2009

O percentual de domicílios ligados à rede de esgotos permanece subindo (51,1% em 2007) para 52,5% em 2008 em todo o Brasil, ou seja, subiu 1,4% na média nacional. A região Norte do país, que é que possuía menor parcela de domicílios ligados à rede coletora de esgoto, ainda apresentou uma redução de 0,5 pontos percentual na proporção de domicílios com esse serviço (tabela 2), não mantendo o crescimento que ocorreu de 2006 para 2007. Também apresentou aumento de 5,5 pontos percentuais de domicílios com fossa séptica (mais 309 mil domicílios). Entretanto, ainda, possuía 1.559 mil domicílios sem ligação com a rede coletora ou com fossa séptica (PNAD, 2009).

Tabela 2 - Percentual de domicílios particulares permanentes por forma de abastecimento de água e esgotamento Sanitário, segundo as Grandes Regiões - 2007-2008

Grandes Regiões	Abastecimento de água				Esgotamento Sanitário							
	Rede Geral		Outra		Rede Coletora		Fossa séptica		Outro		Não tinham	
	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008	2007	2008
Brasil	3,2	3,9	6,8	6,1	1,1	2,5	2,3	0,7	2,1	2,9	0,5	0,9
Norte	6,3	8,3	3,7	1,7	0,0	,5	5,1	0,6	6,6	2,3	0,3	0,6
Nordeste	5,7	8,0	4,3	2,0	9,8	2,1	5,3	2,9	2,2	4,2	2,7	0,8
Sudeste	1,6	1,8	0,4	0,2	9,2	0,6	0,0	0,2	0,1	0,6	0,7	0,6
Sul	4,8	4,1	5,2	5,9	2,8	3,4	6,5	3,4	9,5	1,9	0,2	0,3
Centro Oeste	0,7	1,3	9,3	8,7	4,8	7,6	2,5	0,9	0,8	0,4	0,9	0,1

Fonte: IBGE, 2009

Como se pode observar, o grande desafio são as desigualdades regionais, principalmente quanto ao esgotamento sanitário. Segundo Hespanhol (2006), os dados do censo demográfico ainda assim não refletem a realidade dos serviços de abastecimento efetivamente prestados, visto que “não leva em conta o abastecimento intermitente e as correspondentes implicações sociais e de saúde pública, particularmente nas áreas periféricas e bairros de baixa renda, assim como a baixa qualidade da água distribuída. Os dados não refletem, também, o elevado nível de deterioração dos sistemas de abastecimento de água e coleta de esgotos, o reconhecimento e os respeitos aos direitos dos usuários e a generalizada desconsideração à preservação e à conservação dos recursos hídricos, utilizados como mananciais.”

De acordo com Lanna (2008), em novembro de 2007 a ONG Trata Brasil divulgou o estudo “Trata Brasil: Saneamento e Saúde”. De acordo com este documento, se as tendências de expansão dos serviços de saneamento dos últimos quatorze anos anteriores à pesquisa forem mantidas, a universalização de acesso ao esgoto tratado, como é previsto no Programa de Modernização do Setor de Saneamento, aconteceria somente 56 anos mais tarde. Ainda corre o risco de a meta de cobertura integral não ser atingida e que em alguns casos haja a necessidade de se optar entre investir no abastecimento de água ou no esgotamento sanitário,

sendo que neste caso, o abastecimento de água teria prioridade dada a sua maior viabilidade política e social do que o esgotamento sanitário.

2.5.1 Água, Saneamento e Saúde

Segundo a Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS), a água, a saúde e as doenças estão estreitamente vinculadas. Levando em conta a relação água-homem-meios de contato, podemos dividir as ocorrências de doenças relacionadas com a água em quatro grupos, de acordo com o modo de transmissão (ANA, 2006b):

- **doenças diretamente veiculadas pela água** – doenças cujos agentes transmissores (vírus, bactérias, protozoários, contaminantes químicos e radioativos) estão diretamente presentes na massa de água. As principais doenças deste grupo são: cólera, febre tifóide, diarreia aguda, hepatite infecciosa, amebíase, giardíase e doenças relacionadas aos contaminantes químicos e radioativos;

- **doenças cujos vetores se relacionam com a água** – doenças transmitidas por vetores e reservatórios, cujo ciclo de desenvolvimento tem pelo menos uma fase no meio aquático. As principais doenças são: malária, dengue, febre amarela e filariose;

- **doenças cuja origem está na água** – doenças causadas por organismos aquáticos que passam parte do ciclo vital na água e cuja transmissão pode ocorrer pelo contato direto com a água. A principal doença observada é a esquistossomose; e

- **doenças relacionadas com a falta de água e o mau uso da água** – doenças relacionadas com a pouca oferta de água e com a falta de hábitos higiênicos adequados por parte da população. As principais doenças são: tracoma, escabiose, conjuntivite bacteriana aguda, salmonelose, tricuriase, enterobíase, ancilostomíase e ascaridíase;

Segundo a Organização Mundial de Saúde, uma estimativa com base em casos de diarreia, tracoma e infecções intestinais causadas por parasitas intestinais em 192 países, sugere que melhorias no sistema de abastecimento de água potável, saneamento e gerenciamento de recursos hídricos poderiam evitar 10% das mortes causadas por doenças e 6,3% de todas as mortes no mundo. No Brasil, 28.800 pessoas morrem por doenças provocadas por problemas relacionados à água, saneamento e higiene, correspondendo a 2,3% de todas as mortes no país (PRÜSS-ÜSTÜN, 2008).

O abastecimento humano, dentre os vários usos da água, é tido como o mais nobre e prioritário, pois o homem depende de uma oferta adequada para sua sobrevivência, utilizando-a para o funcionamento de seu organismo, sua higiene pessoal e de utensílios e o preparo de alimentos, dentre outros (BRAGA, 2005).

Para prevenir danos à saúde e ao bem estar do homem, a água para o abastecimento doméstico deve apresentar características toxicológicas adequadas, como estar livre de organismos patogênicos e substâncias tóxicas. De acordo com dados da Organização Mundial de Saúde, milhares de pessoas morrem por dia por causa de doenças transmitidas pela água, mais de metade destas são crianças com menos de cinco anos de idade, o que poderia ser evitado com um adequado saneamento básico (BRAGA, 2005).

Conforme afirma Barcellos (2003), existe uma correlação inversa significativa entre a qualidade de água distribuída à população e casos de surtos de doenças nos municípios, demonstrando que os sistemas de abastecimento repetidamente fora dos padrões legais de potabilidade representam um meio potencial de disseminação de doenças.

Para a OPAS/OMS, os benefícios que se pode obter com a melhoria no sistema de abastecimento e destino adequado de dejetos, na redução da morbidade, são: prevenção de pelo menos 80 % dos casos de febre tifóide e paratifóide; redução de 60 a 70% dos casos de tracoma e esquistossomose; e prevenção de 40 a 50% dos casos de disenteria bacilar, amebíase, gastroenterites e infecções cutâneas, entre outras (ANA, 2006b).

Além da poluição biológica, a poluição por substâncias químicas é outro fator de risco para a saúde humana. Dentre os principais componentes químicos estão os agrotóxicos, metais pesados e compostos orgânicos (BARCELLOS, 2003).

A utilização de poços de água em comunidades rurais tem sido frequentes em cidades brasileiras, entretanto, nem sempre estão dentro dos padrões de potabilidade permitidos pela legislação. Um dos principais problemas é a presença de nitrato, que pode estar relacionado à proximidade com fossas sépticas (Araújo, 2004). Estudos levam a considerar a água utilizada nas propriedades rurais como um fator de risco à saúde dos seres humanos que a utilizam sem um tratamento adequado (AMARAL, 2003).

Segundo Abicalil (2003), a implementação de sistemas de abastecimento de água produz externalidades positivas na saúde pública, prevenindo e reduzindo a incidência de muitas doenças.

De acordo com dados do Ministério da Saúde, a incidência de doenças de veiculação hídrica, bem como dos maiores coeficientes de mortalidade infantil, é maior nas regiões menos desenvolvidas do país e nos municípios de baixa renda: áreas onde se verificam os

mais baixos indicadores de cobertura pelos sistemas de abastecimento de água (ABICALIL, 2003).

Em países em desenvolvimento, onde encontramos precárias condições de saneamento, a água é responsável por grande número de doenças de veiculação hídrica (FREITAS, 2001).

Conforme estudo do Banco Mundial, uma pesquisa realizada pela Agência Americana para o Desenvolvimento Internacional (U.S. Agency for International Development – USAID) que investigou 100 estudos relativos à saúde, revelou que melhorias no sistema de abastecimento de água e esgotamento sanitário têm impactos positivos na saúde pública (WORLD BANK, 1992). Os efeitos do saneamento básico sobre a morbidade humana são bastante significativos, mostrando uma diminuição média da morbidade de 22% para diarreia, 28% para verminoses e 73% para esquistossomose (WORLD BANK, 1992 apud NASCIMENTO, 2004).

Melhorias simultâneas em abastecimento de água e esgotamento sanitário apresentam resultados que praticamente se somam em relação às doenças diarreicas, sendo que os resultados são reforçados por meio de uma ação educativa com as mães e melhorias na higiene (NASCIMENTO, 2004).

Todavia, pode ocorrer impacto ausente ou até mesmo negativo em relação à saúde quando a melhoria em abastecimento de água é apenas parcial (ESREY, 1996), como em programas onde apenas o abastecimento de água é contemplado. Neste caso, a água sem qualidade ou o aumento decorrente na quantidade de esgotos produzidos e não tratados resulta em maior exposição dos usuários a agentes patogênicos, e conseqüentemente, o quadro de saúde da população se agrava (NASCIMENTO, 2004).

2.6 Padrão de Qualidade da Água

Os padrões de qualidade da água referem-se a certo conjunto de parâmetros capazes de refletir, direta ou indiretamente, a presença efetiva ou potencial de algumas substâncias ou microorganismos que comprometem a qualidade da água do ponto de vista estético ou da salubridade (BRANCO, 2006).

Do ponto de vista da salubridade, a água não deve conter patógenos ou substâncias químicas em condições tóxicas ou que podem tornar-se nocivas à saúde humana pelo uso

contínuo da água. Do ponto de vista estético, seus padrões referem-se aos aspectos físicos e organolépticos que tornem a água repugnante ao consumidor, fazendo com que ele procure águas de melhor aparência, mas sem controle da salubridade (BRANCO, 2006).

O controle da qualidade da água para consumo humano tornou-se uma ação de saúde pública a partir da década de 1970, quando a portaria Nº 56 BsB/ 77 do Ministério da Saúde instituiu a primeira norma de potabilidade para todo o Brasil, estabelecendo também padrões para consumo. Todavia, a implementação de um programa de vigilância da qualidade da água só ocorreu a partir da criação do Sistema Nacional de Vigilância Ambiental em Saúde em 1999, e da publicação da portaria 1.469 em 2000 (FREITAS e FREITAS, 2005).

Em 1998 foi iniciada a primeira revisão da portaria nº 56 BsB/77, culminando com a publicação da nova portaria, a 36 GM, publicada em janeiro de 1990, que entre outras coisas, incluía e revisava alguns parâmetros químicos e microbiológicos. Dez anos depois, houve uma segunda revisão, conduzida pelo Ministério da Saúde, e em 29 de dezembro de 2000 foi publicada a Portaria nº 1.469 do Ministério da Saúde, que teve como principal inovação a classificação dos principais tipos de abastecimento de água em sistema coletivo e sistema ou solução alternativa de abastecimento de água. Esta portaria foi revogada e substituída, em 25 de março de 2004, pela nº 518 que estabeleceu os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (FREITAS e FREITAS , 2005).

A fim de normatizar os parâmetros de qualidade da água para fins de consumo humano, e também classificar e enquadrar os corpos de água, as legislações brasileiras vigentes atualmente são: a Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA); a Resolução nº 396, de 03 de Abril de 2008 do CONAMA e Portaria Nº 518, de 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde.

A resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências (BRASIL, 2005).

Esta resolução classifica as águas doces, salobras e salinas de acordo com suas classes e ainda estabelece os padrões de qualidade para cada classe, estabelecendo valores limites para cada parâmetro. De acordo com essa lei, em seu artigo 4º, as águas doces são qualificadas em quatro classes em função da sua possibilidade de uso.

A classificação e enquadramento das águas interiores tiveram início em 1976 com a portaria GM 0013 de 15 de Janeiro de 1976, do Ministério do Interior, que estabeleceu o primeiro sistema de classificação das águas interiores e determinou o enquadramento das

águas federais (ANA), fixando padrões de qualidade e parâmetros a serem observados para cada classe, bem como o uso a que se destinam (VON SPERLING, 1998).

Em 1986, a resolução CONAMA 20, de 18 de junho de 1986 revogou a Portaria GM 0013 de 1976, estabelecendo os padrões de qualidade de água dos corpos hídricos brasileiros (ANA, [2002-2004]). Com o real objetivo de preservação dos corpos d'água, esta nova portaria alterou os critérios de classificação dos corpos de água da União, estabelecidos anteriormente pela portaria Minter 013/76, estendendo-os às águas salobras e salinas, acrescentando vários parâmetros analíticos e tornando mais restritivos os padrões relativos a vários componentes (VON SPERLING, 1998). Esta resolução estabeleceu também padrões de balneabilidade, com base no número de coliformes totais e termotolerantes, estabelecendo a competência para aplicação da resolução para os órgãos ambientais estaduais (ficando a SEMA, em caráter supletivo), funcionando como o principal instrumento na legislação da qualidade da água de corpos receptores e de lançamento de efluentes líquidos (VON SPERLING, 1998).

Com vistas à “Harmonização com as disposições da política de Recursos Hídricos (plano de bacia, outorga, cobrança e novas diretrizes de enquadramento), Meio ambiente (licenciamento ambiental) e Saúde (Portaria 518/04-vigilância da qualidade da água para consumo humano)” e à “incorporação dos novos conhecimentos trazidos pela intensa evolução tecnológica sobre parâmetros importantes para avaliação dos recursos hídricos” (Nieto, 2005), em 15 de agosto de 2002 foi iniciado o processo de revisão do CONAMA 20/86, que culminou com sua aprovação em Sessão Plenária em 15/02/05, e promulgação da portaria CONAMA nº 357, em 17/03/05 trazendo um extraordinário avanço na gestão dos recursos hídricos no país (NIETO, 2007).

A resolução nº 396, de 03 de Abril de 2008 do CONAMA, dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências (BRASIL, 2008). Nesta resolução, as águas subterrâneas são qualificadas em seis classes de acordo com a necessidade ou não de tratamento em função do uso preponderante.

Vale salientar que esta resolução é a primeira legislação brasileira extensível a todo o território brasileiro que diz respeito à legislação federal sobre as águas subterrâneas. Até então, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) estabeleceu valores orientadores para o Estado de São Paulo com vistas não só à proteção da qualidade dos solos e das águas subterrâneas assim como ao controle da poluição nas áreas já contaminadas e/ou suspeitas de contaminação, subsidiando as decisões a serem tomadas quanto à necessidade ou

eficiência da remediação (CETESB, 2001 apud AZEVEDO e CHASIN, 2003). Os valores orientadores eram denominados valores de referência de qualidade, valores de prevenção e valores de intervenção (CETESB, 2005).

A resolução nº 396 lista também os principais parâmetros de qualidade das águas subterrâneas apresentando seus respectivos Valores Máximos Permitidos (VMP) para cada um dos usos considerados como preponderantes e os limites de quantificação praticáveis (LQP), considerados como aceitáveis para aplicação desta resolução.

A Portaria Nº 518, de 25 de Março de 2004 do Ministério da Saúde (Brasil, 2004), estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, entre outras providências, padronizando assim os valores máximos permitidos (VMP).

Na atualidade, a Organização Mundial da Saúde (OMS), é a instituição que acompanha e recomenda os valores máximos permitidos (VMP) a partir de estudos toxicológicos realizados em todo o mundo e publicados em diferentes eventos científicos baseados no tema. Alguns países, como os Estados Unidos e o Canadá, além de utilizarem as recomendações da OMS, também estimulam suas próprias pesquisas toxicológicas e bioensaios que acabam também servindo de referência para OMS e os demais países. Todas as normas de potabilidade no Brasil seguem basicamente os padrões recomendados pela OMS no Guidelines for Drinking - Water Quality (WHO, 1996 apud FREITAS e FREITAS, 2005).

A qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas. Os parâmetros abordados a seguir servem para caracterizar tanto águas para abastecimento como águas residuárias, mananciais e corpos receptores (VON SPERLING, 2005).

2.6.1 Parâmetros Físicos

- **Cor**

Existem substâncias que podem dar uma coloração à água. Elas podem ser de origem natural, como produtos da decomposição da matéria orgânica (principalmente vegetais – ácidos húmicos e fúlvicos), ferro e manganês, ou de origem antropogênica, como resíduos industriais e esgoto doméstico (VON SPERLING, 2005).

Em corpos de água doce abertos, a cor define a profundidade de penetração da luz controlando a fotossíntese e conseqüentemente a produtividade primária. A cor visível é o resultado de ondas com diferentes comprimentos não absorvidos pela própria água ou por materiais dissolvidos ou em suspensão. A cor real é medida em amostras após filtragem e centrifugação. Já a cor aparente é causada por partículas coloridas, reflexão e refração de luz sobre o material particulado (PAIVA e PAIVA, 2003).

A sua importância prática depende da origem da substância que dá a coloração à água. Se for de origem natural, geralmente não representa risco à saúde, exceto quando se é realizada a cloração, quando a matéria orgânica reage com a água formando produtos potencialmente cancerígenos – os trihalometanos (como exemplo o clorofórmio). A coloração provocada por substâncias de origem industrial pode ou não apresentar toxicidade (VON SPERLING, 2005).

- **Turbidez**

A turbidez representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo a ela uma aparência turva. A turbidez é constituída pelos sólidos em suspensão na água. Pode ter origem natural, como partículas de rochas, argila, silte, algas e outros microorganismos, podendo ter origem antrópica, como despejos domésticos e industriais, microorganismos e erosão.

A turbidez de origem natural não proporciona nenhum risco sanitário a não ser o aspecto esteticamente desagradável. Entretanto, estes sólidos em suspensão podem servir de abrigo para microorganismos patogênicos, diminuindo a eficiência da desinfecção. Além do mais, se a turbidez for de origem antropogênica, pode estar associada a compostos tóxicos e organismos patogênicos. Em mananciais superficiais a turbidez pode reduzir a penetração da luz solar, prejudicando a fotossíntese.

- **Sabor e Odor**

Estes parâmetros referem-se à propriedade das substâncias que afetam o sentido do paladar (sabor) e à propriedade da substância que afeta ou estimula o sentido do olfato. As características do sabor e do odor são consideradas em conjunto, pois geralmente a sensação de sabor decorre da combinação de gosto e sabor (VON SPERLING, 2005).

Suas características são constituídas pelos sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos e gases presentes na água. Podem ter origem natural, provenientes de matéria orgânica em decomposição, microrganismos, gases dissolvidos (como gás sulfídrico H_2S), ou podem ter origem antropogênica, como despejos domésticos, despejos industriais e gases dissolvidos (ex: H_2S).

O odor geralmente resulta de compostos orgânicos voláteis, produzidos pelo fitoplâncton, plantas aquáticas e/ou matéria orgânica em decomposição. Águas residuárias também podem criar odores diretamente ou através do estímulo da atividade biológica (PAIVA e PAIVA, 2003).

O sabor e odor não representam risco à saúde, e não são parâmetros objetiváveis em termos de padrão de potabilidade. Entretanto, valores especialmente elevados podem indicar a presença de substâncias potencialmente perigosas.

- **Temperatura**

Tem origem natural através da transferência de calor pela radiação, condução e convecção provindos da atmosfera e do solo, ou ainda podem ter origem antropogênica, como águas de torres de resfriamento e despejos industriais.

A importância consiste no fato de que as suas elevações aumentam a taxa das reações físicas, químicas e biológicas na água, além de influenciar a taxa de transferência de gases – o que pode gerar mau cheiro, em caso de liberação de gases com odores desagradáveis (VON SPERLING, 2005). A solubilidade do oxigênio na água, bem como de todos os outros gases, depende da temperatura, assim como da pressão. Desta forma, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre a redução da solubilidade do O_2 na água (ESTEVES, 1998). Por este motivo, em corpos de água, a temperatura deve ser analisada em conjunto com outros parâmetros, como o oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 2005).

Águas de rios ou lagos que tenham sido aquecidas artificialmente podem ser consideradas “vítimas” de poluição térmica porque contêm menos oxigênio que as águas mais frias, devido à diminuição da solubilidade dos gases com o aumento da temperatura. Isto torna problemática a sobrevivência dos peixes em águas aquecidas visto que estes necessitam de água que contenha pelo menos 5 ppm de oxigênio dissolvido para manter-se vivos (BAIRD, 2002).

2.6.2 Parâmetros Químicos

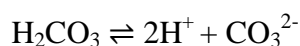
- **Potencial hidrogeniônico (pH)**

Representa a concentração de íons hidrogênio H^+ – em escala antilogarítmica, dando uma indicação sobre a condição de acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Sua faixa vai de 0 a 14 (VON SPERLING, 2005).

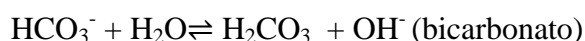
Em água pura, existe uma pequena quantidade de íons H^+ e OH^- em equilíbrio com as moléculas de água, que são formados pela dissociação destas moléculas ($H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$). A água pura contém concentração idêntica de íons (H^+) e (OH^-), por isso ela é considerada neutra. Se contiver uma quantidade maior de íons H^+ em relação aos OH^- , a água é considerada ácida, se menor, básica. No ambiente natural, não ocorre, via de regra, um número igual de íons H^+ e OH^- , mas suas concentrações são fortemente influenciadas por sais, ácidos e bases presentes no meio (ESTEVEES, 1998).

As substâncias que constituem o pH são os sólidos e gases dissolvidos na água, que podem ser de origem natural – dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese, ou podem ser de origem antropogênica, como despejos domésticos que liberam matéria orgânica que é oxidada liberando produtos que influenciam o pH; e despejos industriais tais como lavagem ácida de tanques (VON SPERLING, 2005).

Na maioria das águas naturais, o pH da água é influenciado pela concentração de íons H^+ originados da dissociação do ácido carbônico pela seguinte reação que gera valores baixos de pH:



Reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água elevam os valores de pH para a faixa alcalina como mostrado a seguir (Esteves, 1998):



O pH é uma das variáveis ambientais mais importantes nos ecossistemas aquáticos, ao mesmo tempo que é uma das mais difíceis de se interpretar devido ao grande número de fatores que podem influenciá-lo (ESTEVEES, 1998). Considerando a ecologia aquática, valores de pH distantes da neutralidade podem afetar a vida aquática e os microrganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica. Mas em termos de saúde pública, para

abastecimento de água, não apresentam nenhuma implicação, a não ser que os valores sejam extremamente baixos ou elevados, o que pode causar irritação na pele ou nos olhos (VON SPERLING, 2005).

Em termos de tratamento de água e abastecimento doméstico, seus valores influenciam nas etapas do tratamento da água, como a coagulação, desinfecção, controle da corrosividade e remoção da dureza. Assim como um pH baixo apresenta potencial de corrosividade e agressividade nas tubulações e peças de água para abastecimento, o pH elevado pode provocar incrustações nas tubulações e peças de água para abastecimento.

- **Alcalinidade**

Refere-se à quantidade de íons na água que reagirão para neutralizar os íons hidrogênio. Ela mede a capacidade da água de neutralizar os ácidos, ou seja, tem a função de tampão: capacidade de resistir às mudanças de pH (VON SPERLING, 2005; ESTEVES, 1998).

Os principais constituintes da alcalinidade são os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e os hidróxidos (OH^-), que de acordo com sua distribuição, determinam a função do pH (VON SPERLING, 2005; ESTEVES, 1998).

A alcalinidade é constituída pelos sólidos dissolvidos que podem ter origem natural – dissolução das rochas, reação de CO_2 (oriundo da atmosfera ou da decomposição da matéria orgânica) com a água; ou origem antropogênica, como despejos industriais (VON SPERLING, 2005).

Em termos de saúde pública, não tem significado sanitário, entretanto elevadas concentrações dão um gosto amargo à água.

Como dito anteriormente, em termos de pH, a alcalinidade influencia nos processos de tratamento da água e no metabolismo dos microrganismos responsáveis pela depuração da água (Op cit).

- **Acidez**

É a capacidade da água em resistir às mudanças de pH provocadas pelas bases e é devida, principalmente, à presença de CO_2 livre. Os constituintes das bases são os sólidos dissolvidos e gases dissolvidos tais como CO_2 , H_2S . O CO_2 é absorvido naturalmente a partir da atmosfera ou proveniente da decomposição da matéria orgânica.

Além da origem natural, despejos industriais (ácidos minerais e orgânicos) e a passagem da água por minas abandonadas, vazadouros e borras de mineração podem provocar acidez nas águas naturais.

Em termos de saúde pública, tem pouco significado sanitário, com importância já mencionada anteriormente no caso de pH extremamente baixo, além de proporcionar sabor desagradável. Considerando aspectos relacionados a tratamento e distribuição de água, sua importância implica nas consequências da água de baixo pH, que já foram citadas anteriormente.

- **Dureza**

É a concentração de cátions multimetálicos em solução. Os principais cátions responsáveis pela dureza são os bivalentes Ca^{2+} e Mg^{2+} e, em condições de hipersaturação, reagem com outros ânions na água formando precipitados.

A dureza pode ser classificada como dureza carbonato (associada a HCO_3^- e CO_3^{2-}), que corresponde à alcalinidade e é sensível ao calor, provocando precipitações em elevadas temperaturas e dureza não carbonato (associada a outros ânions, especialmente Cl^- e SO_4^{2-}).

Sua principal origem é dos sólidos dissolvidos provenientes da dissolução pela água de minerais das rochas contendo cálcio e magnésio (ex. rochas calcáreas). Entretanto pode ter origem antropogênica como, por exemplo, despejos industriais.

Segundo Von Sperling (2005), não há evidências de que a dureza cause problemas sanitários. Há evidências de uma menor incidência de doenças cardíacas em áreas onde a água apresenta maior dureza, entretanto não se sabe se isto se deve ao suprimento de íon magnésio para o organismo ou proteção oferecida pela presença de outros íons como o sódio e íons de metais pesados (BAIRD, 2002).

Entretanto, em determinadas concentrações, causa um sabor desagradável na água e podem ter efeitos laxativos, podendo também provocar a redução da formação de espuma, implicando num consumo maior de sabão e incrustação nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, devido à maior precipitação em temperaturas mais elevadas.

- **Ferro e Manganês**

O ferro e o manganês são dois elementos muito freqüentes na superfície da terra, por isso, seus compostos são encontrados em todos os corpos de água, mesmo que em

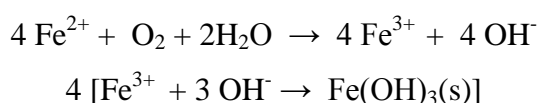
concentrações muito reduzidas. São considerados micronutrientes, isto é, indispensáveis ao metabolismo dos seres vivos, podendo estar sob a forma complexada ou reduzida na água, sendo que o pH, a temperatura e o potencial redox da água são os fatores ambientais mais importantes para a determinação de suas concentrações (ESTEVES, 1998).

O ferro e o manganês estão presentes nas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}) em diversos tipos de solos. Na ausência de oxigênio dissolvido, como em águas subterrâneas ou fundo de lagos e represas, estes íons estão sob a forma solúvel reduzida (Fe^{2+} e Mn^{2+}). Estas formas reduzidas, ao serem expostas ao ar atmosférico (ex: na torneira de casa) voltam a se oxidar às suas formas insolúveis (Fe^{3+} e Mn^{4+}), que se precipitam, podendo causar coloração na água (VON SPERLING, 2005).

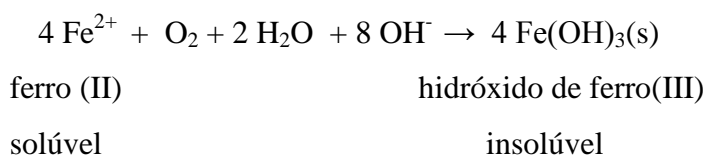
Estes íons são oriundos da dissolução de compostos no solo, apresentando-se como sólidos em suspensão ou dissolvidos na água, entretanto também podem ter origem antropogênica por meio de despejos industriais.

Estes compostos, segundo Von Sperling (2005), têm pouca importância sanitária nas concentrações naturais, entretanto, em certas concentrações podem causar coloração na água o que pode manchar roupas durante a lavagem. Em concentrações mais altas podem causar sabor e odor na água.

Segundo Baird (2002), devido às águas subterrâneas serem por definição pouco aeradas por passarem longos períodos distantes do contato com o ar, quando atingem a superfície e o O_2 tem a chance de dissolver-se nela, seu nível bastante elevado de Fe^{2+} solúvel é convertido em Fe^{3+} insolúvel, formando um depósito marron-alaranjado de $\text{Fe}(\text{OH})_3$, como mostra a reação a seguir:



Reação Global:



Outra reação análoga que pode ocorrer com o ferro em algumas águas ácidas de minas subterrâneas é a oxidação da pirita que produz sulfato de ferro (III) solúvel [$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$],

e ácido sulfúrico [H₂SO₄]. Neste caso, o íon Fe³⁺ é solúvel em água altamente ácida, que ao ser diluída, elevando seu pH, forma um precipitado de marron-alaranjado a partir de Fe³⁺, que colore a água e seu curso (BAIRD, 2002).

O FeS₂ (chamado de pirita ferruginosa ou “ouro dos trouxas”) é um componente estável e insolúvel das rochas subterrâneas enquanto não entra em contato com o ar, mas quando exposto ao oxigênio, torna-se parcialmente solubilizado em consequência da sua oxidação (BAIRD, 2002).

- **Cloretos**

Segundo Von Sperling (2005), todas as águas naturais contém íons provenientes da dissolução de minerais dos solos e rochas. Os cloretos (Cl⁻) são provenientes da dissolução de sais, como sólidos dissolvidos advindos da dissolução de minerais ou pela intrusão de águas salinas que, em determinadas concentrações conferem um sabor salgado à água.

- **Nitrogênio**

Nas águas naturais, o nitrogênio ocorre nas formas inorgânicas e orgânicas que são de interesse para a saúde humana. Do ponto de vista ambiental, o nitrogênio apresenta-se sob diversas formas que dependem do estado de oxidação de seu átomo (BAIRD, 2002).

Em meio aquático pode ser encontrado sob a forma de nitrogênio molecular N₂, escapando para a atmosfera, nitrogênio orgânico (dissolvido ou em suspensão), amônia (livre NH₃ e ionizada NH₄⁺), Nitrito (NO₂⁻) e nitrato (NO₃⁻) (VON SPERLING, 2005).

As formas mais reduzidas são a amônia (NH₃) e seu ácido conjugado, o íon amônio, (NH₄⁺). A forma mais oxidada é o íon nitrato (NO₃⁻), que existe em sais, soluções aquosas e no ácido nítrico (HNO₃). Em solução, as formas mais importantes entre estes extremos são o íons nitrito (NO₂⁻), e o nitrogênio molecular (N₂) (BAIRD, 2002).

Na água, o nitrogênio pode se encontrar como sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos (VON SPERLING, 2005). A origem do nitrogênio no meio aquático pode ser natural devido ao fato de o nitrogênio estar presente na composição celular de microrganismos, de proteínas e vários outros compostos biológicos. Todavia, despejos domésticos e industriais, excrementos de animais e fertilizantes podem representar uma fonte de nitrogênio extra de origem antrópica.

O nitrogênio tem grande importância no meio aquático, visto que juntamente com o fósforo, é considerado um macronutriente, ou seja, esses elementos e seus compostos são requeridos em quantidades relativamente grandes pelos seres vivos. Tanto a sua limitação como seu excesso podem ser considerados como fator limitante no ambiente aquático (ODUM,1988).

Para Sperling (2005), este macronutriente possui importância na forma de nitrato, pois está associado à doença metahemoglobinemia (síndrome do bebê azul);

O nitrogênio sob a forma de íon nitrato é indispensável para o crescimento de algas e, quando em elevadas concentrações em lagos e represas, pode provocar o fenômeno da eutrofização e conseqüentemente o crescimento exagerado de microrganismos (VON SPERLING, 2005). Entretanto, segundo Baird (2002), normalmente, o íon nitrato não causa o efeito da eutrofização, visto que usualmente, o fósforo é o nutriente limitante na água doce. Contudo, existem exemplos em que o nitrogênio torna-se temporariamente o nutriente limitante, mesmo em água doce.

Os processos bioquímicos de conversão da amônia a nitrito e deste a nitrato pelos microrganismos, consomem o oxigênio dissolvido do meio aquático, o que pode afetar a vida neste meio.

O nitrogênio sob a forma de amônia livre é diretamente tóxico aos peixes. Em um corpo de água, a determinação da forma predominante do nitrogênio pode dar informações sobre o estágio da poluição, ou seja, se nitrogênio na forma orgânica ou de amônia indica poluição recente, já sob a forma de nitrato está associado a uma poluição mais remota.

Em águas subterrâneas, o contaminante inorgânico que causa maior preocupação é o íon nitrato (NO_3^-), que ocorre tanto em aquíferos rurais como urbanos. As principais fontes de nitrato nas águas subterrâneas são: aplicação de fertilizantes nitrogenados, tanto orgânicos como provenientes de esterco animal, em terras cultiváveis; deposição atmosférica; e esgoto doméstico depositados em sistemas sépticos (BAIRD, 2002).

Na maioria das vezes, as formas originais do nitrogênio tornam-se oxidadas para nitrato no solo. Este nitrato então migra para as águas subterrâneas onde é dissolvido e diluído pela água. A sua remoção da água é muito cara, então, a água contaminada com altos níveis de nitrato não é normalmente usada para consumo humano, pelo menos nos serviços públicos de abastecimento (BAIRD, 2002).

Segundo Baird (2002), atualmente existe certa preocupação com o aumento nos níveis do íon nitrato na água potável, especialmente nas áreas rurais. O excesso de nitrato na água potável é um risco à saúde porque pode provocar a metahemoglobinemia tanto em bebês

recém nascidos, como em adultos com determinada deficiência enzimática. Também pode provocar o aumento no risco do aparecimento de linfoma do tipo não-Hodgkin e a existência de relação com câncer de estômago em pessoas que tomam água com elevados níveis de nitrato.

Como já foi dito, o nitrogênio passa por muitas formas e estados de oxidação. Mas, quantitativamente, a maior parte do nitrogênio segue o ciclo a partir do nitrato, através do nitrogênio orgânico, da amônia, do nitrito e então volta a nitrato (RICHLEFS, 2003).

Sob condições aeróbias, o primeiro passo no ciclo do nitrogênio é a amonificação, que é a decomposição de proteínas até chegar à forma de amônia (NH_3), processo de oxidação que é realizado por todos os organismos. Os passos seguintes são executados apenas por bactérias especializadas. O segundo passo é a nitrificação, passando de amônia para nitrito (NO_2^-) pela bactéria *Nitrosomonas* no solo, depois de nitrito para nitrato (NO_3^-), que é realizado apenas por bactérias do gênero *Nitrobacter*, no solo, conforme a via total ($\text{NH}_3 \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$) (RICHLEFS, 2003).

Conseqüentemente, a água contendo altas concentrações de nitrogênio orgânico e nitrogênio amoniacal e pequenas concentrações de nitratos e nitritos, não pode ser considerada segura devido à recente poluição, demonstrando não ter havido tempo para serem oxidados. Em contrapartida, uma amostra de água sem nitrogênio orgânico nem amoniacal e com algum nitrato pode ser considerada relativamente segura pelo fato de que a nitrificação já ocorreu e a poluição não é recente (PAIVA e PAIVA, 2003).

- **Fósforo**

O fósforo tem grande importância nos sistemas biológicos, pois participa de processos fundamentais do metabolismo dos seres vivos, como armazenamento de energia (formação do ATP) e estruturação da membrana celular (ESTEVES, 1998).

O fósforo é o principal fator limitante da produtividade da maioria das águas continentais e também tem sido o responsável pela eutrofização desses ecossistemas (ESTEVES, 1998).

Na água, o fósforo encontra-se nas formas de ortofosfato, polifosfato e fósforo orgânico. Os ortofosfatos estão diretamente disponíveis para o metabolismo biológico sem a necessidade de conversões a formas mais simples. Na água, os ortofosfatos apresentam-se sob a forma de PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- e H_3PO_4 , dependendo do pH, sendo mais comum na faixa

usual de pH o HPO_4^{2-} . Já os polifosfatos são moléculas mais complexas com dois ou mais átomos de fósforo.

Como nas águas naturais o fósforo pode estar na forma iônica ou na forma complexada, ambas sob a forma de fosfato, em limnologia, usa-se a denominação fosfato para se referir às diferentes formas de fósforo (ESTEVEES, 1998).

Em sistemas aquáticos bem oxigenados, o fósforo prontamente forma compostos insolúveis com ferro ou cálcio e se precipita na coluna d'água, acumulando-se nos sedimentos. Em condições de depleção de oxigênio, os compostos fosfóricos prontamente se dissolvem e entram na coluna d'água e o ferro tende a formar sulfetos solúveis em vez de compostos fosfatados insolúveis (RICKLEFS, 2003). Encontram-se em forma de sólidos em suspensão e sólidos dissolvidos no meio aquático, e tem origem natural a partir da dissolução de compostos do solo, decomposição de matéria orgânica e do fósforo de composição celular de microrganismos (VON SPERLING, 2005), sendo que as rochas de bacias de drenagem constituem a fonte básica de fosfato por meio do intemperismo. Outras fontes naturais podem ser material particulado presente na atmosfera e o fosfato resultante da decomposição de organismos de origem alóctone² (ESTEVEES, 1998).

Fontes antropogênicas como despejos domésticos, industriais, detergentes, excrementos animais e fertilizantes podem acrescentar fósforo à água.

O fósforo não representa risco sanitário nas águas de abastecimento, entretanto no ambiente aquático é importante, visto que por ser um elemento indispensável para o crescimento de algas, em elevadas concentrações em lagos e represas, pode provocar o fenômeno da eutrofização (VON SPERLING, 2005). Altas concentrações de fosfato são indicativas de presença de poluição (PAIVA e PAIVA, 2003).

• Oxigênio Dissolvido

Dentre os gases dissolvidos na água, o O_2 é um dos mais importantes na dinâmica e caracterização de ecossistemas aquáticos (ESTEVEES, 1998) e é o principal agente oxidante em águas naturais (BAIRD, 2002).

O oxigênio dissolvido (OD) é vital para os seres aquáticos aeróbios e é o principal parâmetro utilizado para caracterização dos efeitos da poluição das águas superficiais por despejos orgânicos (VON SPERLING, 2005).

² Refere-se a materiais transportados de fora para dentro de um sistema, especialmente minerais e material orgânico transportado para cursos de água e lagos (Ricklefs, 2003).

O oxigênio encontra-se sob a forma de gás dissolvido e provém da dissolução do oxigênio atmosférico e da fotossíntese (VON SPERLING, 2005 e ESTEVES, 1998), podendo ser introduzido por aeração artificial no corpo aquático também (VON SPERLING, 2005). Em contrapartida, nos ecossistemas aquáticos, as perdas de O₂ são a partir do seu consumo pela decomposição da matéria orgânica (oxidação), perdas para a atmosfera, respiração dos organismos aquáticos e oxidação de íons metálicos como por exemplo a do ferro e do manganês (ESTEVES, 1998).

Em corpos de água doce, sua solubilidade varia de acordo com a altitude e a temperatura. Ao nível do mar, a 20°C, a concentração de saturação pode atingir valor igual a 9,2 mg/L. Valores superiores à saturação indicam a presença de algas (pelo fato de que pela fotossíntese as algas estão produzindo oxigênio puro) e valores bem inferiores à saturação indicam a presença de matéria orgânica, provavelmente esgoto.

Com o OD em torno de 4-5 mg/L os peixes mais exigentes morrem, com OD em 2mg/L praticamente todos os peixes estão mortos e com OD igual a 0 mg/L tem-se condição de anaerobiose, com possível geração de odores.

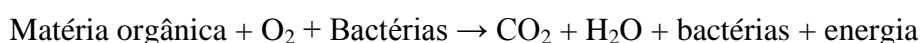
O Oxigênio varia sazonalmente e dentro do período de 24 horas, de acordo com a temperatura e atividade biológica – fotossíntese e respiração (ESTEVES, 1998; PAIVA e PAIVA, 2003).

As águas subterrâneas são deficientes em oxigênio dissolvido por passarem longos períodos distantes do contato com o ar, por outro lado as águas superficiais em geral são reabastecidas de oxigênio quando são aeradas através do fluxo de cursos d'água e rios pouco profundos, (BAIRD, 2002).

- **Matéria Orgânica**

A matéria orgânica é a causadora do principal problema de poluição das águas que é o consumo de oxigênio dissolvido (OD) pelos microrganismos nos seus processos metabólicos de utilização da matéria orgânica (MO) (VON SPERLING, 2005).

A introdução de matéria orgânica em um corpo de água resulta indiretamente no consumo de OD devido aos processos de estabilização da matéria orgânica realizadas pelas bactérias decompositoras, as quais utilizam o OD no meio líquido para sua respiração. A equação simplificada da estabilização da MO (VON SPERLING, 2005) é:



A MO pode se apresentar de diversas formas. Em termos práticos, não há a necessidade de se caracterizar a MO em termos de proteínas, gorduras, carboidratos, até porque há uma grande dificuldade de determinação laboratorial dos seus diversos componentes, devido à multiplicidade de formas e compostos em que pode se encontrar. Assim, normalmente se utilizam métodos indiretos para a quantificação da MO, ou do seu potencial poluidor, como por exemplo a DBO₅, a DQO e a DBO *última* (VON SPERLING, 2005).

A DBO₅ é a capacidade da matéria orgânica presente em uma amostra de água natural em consumir oxigênio, determinada experimentalmente a partir das concentrações de oxigênio dissolvido antes e após um período de cinco dias durante o qual a amostra selada é mantida no escuro à temperatura constante, normalmente 20°C ou 25°C. Durante este período os próprios microorganismos presentes na água natural irão catalizar as reações de oxidação na amostra e em seguida determina-se o oxigênio residual. A DBO₅ corresponde a cerca de 80% da que seria determinada por este tipo de teste se o experimento fosse realizado após um período de tempo muito longo, o que não é naturalmente muito prático (BAIRD, 2002)

Enquanto a DBO₅ corresponde ao consumo de oxigênio durante os primeiros cinco dias, a DBO *última* corresponde ao consumo de oxigênio por mais um período de semanas ou dias, após os primeiros cinco dias da DBO₅. Isto se dá porque ao final do quinto dia a estabilização da matéria orgânica ainda não está completa, então o processo continua, entretanto em taxas mais lentas. Pode-se considerar que o consumo neste período é desprezível e não representativo. A DBO *última* difere da DBO₅ apenas no tempo de determinação final do oxigênio dissolvido (VON SPERLING, 2005).

Devido ao maior custo e ao maior tempo demandado para análise laboratorial, a DBO vem sendo substituída parcialmente pelo DQO em monitoramentos (SILVA e MENDONÇA, 1997 apud PAIVA e PAIVA, 2003). O teste tem a duração de duas a três horas para ser realizado (VON SPERLING, 2005). Este parâmetro é particularmente importante para determinar o potencial poluidor (consumidor de oxigênio) de efluentes domésticos e industriais e também para estimar o impacto dos mesmos sobre os ecossistemas aquáticos (ZUCCARI, 2005).

O DQO mede o consumo de oxigênio ocorrido em função da oxidação química da matéria orgânica (VON SPERLING, 2005). O valor obtido representa a medida aproximada da quantidade da matéria orgânica na amostra de água que é sujeita a oxidação por um forte oxidante. A DQO inclui a quase totalidade da DBO, além de outras demandas químicas

(Paiva e Paiva, 2003). A diferença entre a DBO e a DQO é que a DBO relaciona-se a uma oxidação bioquímica da matéria orgânica, realizada inteiramente por microorganismos, enquanto a DQO é uma oxidação química através de um forte oxidante em meio ácido (VON SPERLING, 2005).

Apesar de haver outros, o dicromato tem sido o agente oxidante mais utilizado na DQO (ZUCCARI, 2005), pois é o que tem o maior poder oxidante. Na forma de sal de potássio é substância de referência, tanto no estado sólido como em soluções, tem preço relativamente baixo e a determinação de seu excesso pertence à categoria dos métodos clássicos utilizados em química analítica.

Uma das principais dificuldades no uso do DQO como medidor do consumo de oxigênio é que o dicromato é uma substância tão forte que oxida outras que consumiriam oxigênio muito lentamente em águas naturais, e que por isso, não constituem uma ameaça real para seu conteúdo de oxigênio, ou seja, o dicromato oxida substâncias que não seriam oxidadas pelo O_2 na determinação do DBO (BAIRD, 2002). Assim, o teste superestima o oxigênio a ser consumido pela matéria orgânica.

Além disso, o teste não fornece informações sobre a taxa de consumo de matéria orgânica ao longo do tempo; e certos constituintes inorgânicos podem ser oxidados e interferir no resultado (VON SPERLING, 2005).

Não é incomum que águas poluídas com matéria orgânica como substâncias orgânicas, resíduos de animais e de alimentos ou esgoto, apresentem uma demanda por oxigênio superior à solubilidade de equilíbrio máxima do oxigênio dissolvido. Se a água não for continuamente aerada, rapidamente seu oxigênio será deplecionado e, conseqüentemente, os peixes e organismos heterotróficos que ali vivem morrerão (BAIRD, 2002).

Outras medidas para se determinar a quantidade de matéria orgânica na água são a determinação do COT e/ou CDO. O Carbono Orgânico Total (COT) é usado para caracterizar a matéria orgânica dissolvida e em suspensão em água natural. O parâmetro Carbono Orgânico Dissolvido (COD) é usado para caracterizar apenas o material dissolvido (BAIRD, 2002). Esse carbono pode ser proveniente dos organismos vivos ou de resíduos e efluentes (PAIVA e PAIVA, 2003).

No COT, o carbono orgânico é medido diretamente e não indiretamente como nos testes de DBO e DQO. O teste do COT mede todo o carbono liberado na forma de CO_2 . Devido aos custos mais elevados do equipamento de realização da determinação do COT, este teste tem sido mais utilizado em avaliações mais aprofundadas das características do líquido (VON SPERLING, 2005).

A quantidade de carbono total medida pelo COT é um indicativo do grau de poluição de um corpo d'água, quando são feitas comparações à montante e à jusante de fontes (PAIVA e PAIVA, 2003).

Na maioria das amostras $DQO > DBO > COT$. Em alguns casos esta relação pode variar, como, por exemplo, quando existem substâncias tóxicas presentes (PAIVA e PAIVA, 2003).

2.6.3 Parâmetros Biológicos

Os microrganismos estão presentes nas águas naturais e são, em sua maioria, inofensivos à saúde humana. Entretanto, devido à contaminação por esgoto sanitário, estão presentes microrganismos que poderão ser prejudiciais à saúde humana (DANIEL, 2001).

Do ponto de vista de saúde pública, para Von Sperling (2005), os principais grupos de organismos de interesse, com associação com água ou fezes, são as bactérias, vírus, protozoários e helmintos.

Enquanto as características físico-químicas podem ser avaliadas por métodos analíticos, a descrição biológica de um corpo d'água necessita de caracterização qualitativa e quantitativa (Paiva e Paiva, 2003).

Bactérias coliformes podem ser patogênicas ou não patogênicas. Coliformes incluem muitas espécies de bactérias gram-negativas encontradas no trato intestinal de animais e humanos, no solo, na vegetação e no escoamento da água de superfície (ROGAN, 2009, OMS, 1995 apud BASTOS, 2000).

Segundo a portaria 518/04 do Ministério da Saúde, coliformes totais (bactérias do grupo coliforme) são “bacilos gram-negativos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, não formadores de esporos, oxidase-negativos, capazes de desenvolver na presença de sais biliares ou agentes tensoativos que fermentam a lactose com produção de ácido, gás e aldeído a $35,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ em 24-48 horas, e que podem apresentar atividade da enzima β -galactosidase. A maioria das bactérias do grupo coliforme pertence aos gêneros *Escherichia*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter*, embora vários outros gêneros e espécies pertençam ao grupo”

As bactérias coliformes geralmente não são patogênicas em si, mas são indicadoras da presença de microrganismos e, portanto, são um índice de deficiências sanitárias nas fontes de água (HUNTER, 2000, apud PERDOMO, 2001).

Dentro dos coliformes totais, se podem distinguir dois tipos: primeiro são os coliformes fecais (CF), que vem do trato intestinal de animais de sangue quente e que seriam os melhores indicadores de risco de doenças humanas. Por outro lado, há outro grupo de coliformes que são naturais e residentes no ciclo da água (PERDOMO, 2001).

A classificação taxonômica mais recente revela que o grupo coliformes é bem heterogêneo. Compreende, por exemplo, espécies como *Enterobacter cloacae* e *Citrobacter freundii*, encontradas tanto em fezes quanto em águas ricas em nutrientes, solos e matéria orgânica em decomposição, ou ainda espécies como *Serratia fonticola*, *Rahnella aquatilis* e *Buttiauxella agrestis*, raramente encontradas em fezes, porém capazes de multiplicar-se em água tratadas de qualidade razoável (OMS, 1995, BASTOS, 2000).

Segundo Von Sperling (2005), os coliformes totais não podem ser usados como indicadores de contaminação fecal, pois não existe uma relação quantificável entre CT e microrganismos patogênicos, podendo ser interpretados como coliformes “ambientais” devido à probabilidade de sua ocorrência em águas e solos não contaminados, representando outros organismos de vida livre e não intestinal.

Este grupo bastante usado no passado como indicador, continua sendo usado em algumas áreas, embora as dificuldades associadas com a ocorrência de bactérias não fecais seja um dos problemas (THOMANN e MUELLER, 1987, apud VON SPERLING, 2005). Não existe uma relação quantificável entre CT e microrganismos patogênicos devido ao fato deste grupo compreender também organismos de vida livre (VON SPERLING, 2005). Por isso, na avaliação da qualidade de águas naturais, os coliformes totais têm valor sanitário limitado. Sua aplicação restringe-se praticamente à avaliação da qualidade da água tratada, onde sua presença pode indicar falhas no tratamento, uma possível contaminação após o tratamento ou ainda a presença de nutrientes em excesso, por exemplo, nos reservatórios ou nas redes de distribuição (BASTOS, 2000 e VON SPERLING, 2005).

- **Coliformes Termotolerantes**

Considerando o fato de ocorrência de doenças de veiculação hídrica em apenas parte de uma população, a contaminação de um recurso hídrico, após o lançamento do esgoto sanitário desta comunidade no corpo d'água receptor, pode não ocorrer em elevada proporção, sobretudo se o recurso hídrico apresentar grande capacidade de diluição, o que tornaria extremamente difícil a detecção desses poucos agentes patogênicos nessa amostra de água.

Entretanto, este obstáculo é superado através dos organismos indicadores de contaminação fecal (principalmente os pertencentes ao grupo dos *coliformes*), que determinam, de forma indireta, a potencialidade de uma água transmitir doenças (Von Sperling, 2005). Além disso, uma detecção e quantificação de todos os microorganismos patogênicos potencialmente presentes na água é muito laboriosa, demanda tempo e gastos elevados, além do fato de nem sempre serem obtidos resultados positivos ou que confirmem a presença do patógeno (DANIEL, 2001).

De acordo com Bastos (2000), o grau de contaminação das águas é usualmente aferido com base na densidade de organismos indicadores, no pressuposto de que há uma relação semi-quantitativa entre estas e a presença de patogênicos. Assim, a interpretação básica do emprego de organismos indicadores é que sua presença atesta poluição fecal e, portanto, risco de contaminação devido à presença de patógenos.

Os principais indicadores de contaminação fecal comumente utilizados são os coliformes totais (CT), os coliformes fecais (CF), atualmente chamados de coliformes termotolerantes e a *Escherichia Coli* (EC) (VON SPERLING, 2005).

De acordo com a ISO 4831 (1991), os coliformes fecais passam a ser chamados de coliformes Termotolerantes. Segundo Von Sperling (2005), o teste é feito a uma elevada temperatura a fim de suprimir bactérias de origem não fecal, por isso, recentemente se prefere denominar coliformes termotolerantes, pelo fato de serem bactérias que resistem à elevada temperatura no teste, mas não são necessariamente fecais.

A portaria 518/04 do Ministério da Saúde define coliformes termotolerantes como “subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia Coli*, de origem exclusivamente fecal”.

Segundo a classificação de coliformes de origem entérica por Leclercq (1989) e Mossel (1982) em higiene e saúde pública, os coliformes termotolerantes incluem várias espécies bacterianas: *Citrobacter freundii*, *Citrobacter diversus*, *Citrobacter amalonaticus*, *Enterobacter aerogenes*, *Enterobacter cloacae*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Klebsiella oxytoca*, *Moellerella wisconsensis*, *Salmonella entérica* subsp. III (ex-Arizona) and *Yersinia enterocolitica* (LECLERCQ, 2002).

O habitat normal desse grupo de bactérias é o intestino humano e de outros animais, não ocorrendo, normalmente, em águas e solos de águas não poluídas. Por não se reproduzirem em águas poluídas, sua presença é indicativa de contaminação fecal recente. Os

coliformes termotolerantes abrangem várias espécies que apresentam diferentes graus de resistência às variações ambientais e origens fecais específicas (DANIEL, 2001).

Os enterococos fecais constituem um grupo de bactérias reconhecidas como indicadores de contaminação fecal desde o início do século passado, porém sua utilização só se fez efetiva após 1950 (DANIEL, 2001).

Este método qualitativo pretende indicar a possível presença de organismos patogênicos, de origem entérica, na água, em concentrações que possam causar a contaminação de pessoas que a utilizam (BRANCO, 2006).

Por ser um método qualitativo e não analítico, o “teste de coliformes” procura apenas evidenciar quantitativamente a presença de certos microorganismos que, sendo de origem intestinal, atestam a presença de fezes na água, ao contrário de um método analítico que procuraria identificar e qualificar cada uma das espécies patogênicas presentes. O método parte do princípio da detecção de que qualquer patógeno eventualmente transmitido pela água esteja inevitavelmente associado às fezes, constituindo sua origem (BRANCO, 2006).

Apesar de se reconhecer que a determinação da concentração dessas bactérias na água é um elemento crítico na identificação do risco de doenças relacionadas ao consumo do mesmo, não existe uma correlação simples entre o nível de coliformes termotolerantes na água e a presença de patógenos na mesma, oferecendo risco de doenças (HUNTER, 2000 apud PERDOMO, 2001). Mas quando aumenta a presença de coliformes na água, aumenta também a probabilidade de que esta contenha algum microorganismo patogênico (PERDOMO, 2001).

Os coliformes termotolerantes são os organismos mais comumente utilizados como indicadores de contaminação fecal em função de:

- estarem obrigatoriamente presentes nos intestinos de todo ser humano em número muito grande (BRANCO, 2006), onde cerca de 10^9 a 10^{12} células são eliminadas por pessoa por dia. De 1/3 a 1/5 do peso das fezes é constituído por bactérias do grupo coliformes, o que torna a sua probabilidade de detecção muito maior do que a dos próprios organismos patogênicos (VON SPERLING, 2005);
- não serem capazes de multiplicar-se no ambiente aquático, ou “extra-intestinal”, de modo que a sua presença não possa indicar outra origem (BRANCO, 2006);
- possuírem resistência semelhante aos organismos patogênicos às ações de autodepuração ou de desinfecção da água, de modo que o seu aparecimento e desaparecimento do manancial, também na rede de água potável, seja concomitante com a dos eventuais patogênicos, revelando a eficácia da desinfecção praticada (BRANCO, 2006). Por apresentarem resistência

ligeiramente superior à maioria das bactérias patogênicas intestinais, os coliformes termotolerantes são bons indicadores. Caso morressem mais rapidamente que o agente patogênico, não o seriam. Por outro lado, se sua taxa de mortalidade fosse muito menor que a das bactérias patogênicas, também deixariam de ser úteis, uma vez que, sobrevivendo por mais tempo, tornariam suspeitas águas já depuradas. (CRISTÓVÃO, 1974 apud VON SPERLING, 2005).

Como os mecanismos de remoção dos coliformes nos corpos de água e nas estações de tratamento de esgotos são os mesmos mecanismos de remoção das bactérias patogênicas, então a remoção destes patógenos está usualmente associada à remoção de coliformes. Outros organismos patogênicos, entretanto, podem ser removidos por mecanismos diferentes (VON SPERLING, 2005).

As técnicas utilizadas são rápidas e econômicas (VON SPERLING, 2005), os coliformes são de fácil identificação e a contagem em laboratório é realizada com poucos recursos (BRANCO, 2006).

Na verdade, não existe um único organismo que satisfaça simultaneamente todas estas condições. Como este indicador ideal não existe, trabalha-se com o melhor indicador, que é aquele que apresenta melhor correlação com os riscos de saúde associados com a contaminação de um determinado ambiente (BASTOS, 2000).

Todavia, a despeito dos avanços, tem sido constatada a fragilidade do controle da qualidade pelos coliformes totais e termotolerantes, pois embora seja de grande praticidade, o teste de coliformes não garante a ausência de outros patógenos nas águas, mais resistentes que as bactérias (DANIEL, 2001).

- **Escherichia coli**

A *Escherichia coli* é a principal bactéria do grupo coliformes fecais (termotolerantes), encontrada abundantemente nas fezes humanas e de animais (VON SPERLING, 2005). É encontrada em esgotos, efluentes tratados e águas naturais sujeitas à contaminação recente por seres humanos, atividades agropecuárias, animais selvagens e pássaros (WHO, 1993 apud VON SPERLING, 2005).

A *Escherichia coli* é um componente comum da flora intestinal aeróbia (SPICER, 2000). Pertence à família Enterobacteriaceae, que é composta por 15 gêneros, cada um classificado por sorotipagem de seus antígenos H e S. A maioria das *E. coli* encontradas no

intestino humano são inofensivas, mas cinco grupos patogênicos causam doenças (POND, 2005).

A portaria 518/04 do Ministério da Saúde define *Escherichia coli* como “bactéria do grupo coliforme que fermenta a lactose e manitol, com produção de ácido e gás a $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ em 24 horas, produz indol a partir do triptofano, oxidase negativa, não hidroliza a uréia e apresenta atividade das enzimas β galactosidase e β glucoronidase, sendo considerada o mais específico indicador de contaminação fecal recente e de eventual presença de organismos patogênicos”.

Segundo Spicer (2000), a identificação da *E. coli* e suas variantes é importante porque: é um comensal da flora normal que tem de ser distinto dos patógenos intestinais; Sua presença em suprimentos de água é a evidencia de contaminação fecal; e pode ser um patógeno.

A *E. coli* é o indicador mais preciso de contaminação fecal. Mesmo em mananciais bem protegidos não se pode desconsiderar a importância sanitária da detecção de *E. coli* (LIMA *et al.*, 2000) porque indicaria, no mínimo, a contaminação originada de animais silvestres que podem ser vetores de agentes patogênicos ao ser humano (BASTOS, 2000). Os resultados em águas subterrâneas confirmam a sugestão do emprego de *E. coli* como um indicador mais preciso de contaminação e de seu respectivo nível (BASTOS, 2000).

Segundo Von Sperling (2005), *E. coli* é o único grupo de bactéria que dá garantia de contaminação exclusivamente fecal. Entretanto, a sua detecção não garante que sua origem seja humana, já que pode ser encontrada em fezes de outros animais. A detecção de contaminação exclusivamente humana implica em testes bioquímicos complementares e que geralmente não são feitos em análises rotineiras.

4A Figura 12 mostra a representação esquemática das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal.

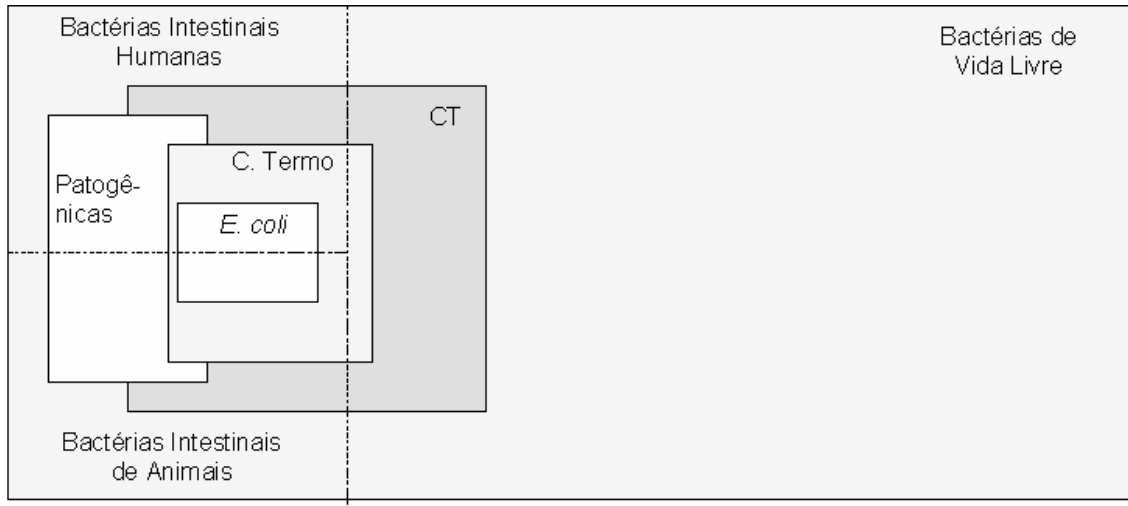


Figura 12 - Representação esquemática das bactérias e dos indicadores de contaminação fecal.
Fonte: adaptado de Von Sperling, 2005

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O Estudo foi realizado em nove localidades do município de Campos dos Goytacazes, situado na Região Norte Fluminense. As localidades amostradas, datas e número das amostragens foram as seguintes:

Tabela 3 - Lista das localidades amostradas, data das campanhas e número de amostras

Localidade	Data da 1ª campanha	Número de amostras	Data da 2ª campanha	Número de amostras
1 Bariri – Travessão	19/02/09	08	09/06/09	06
2 Travessão	12/03/09	08	09/06/09	07
3 Posse do Meio (localidade próxima a Usina Santa Maria)	19/03/09	08	18/06/09	08
4 Conceição do Imbé	02/04/09	10	02/07/09	08
5 Praça São Benedito e Estrada da Lagoa de Cima (Distrito Lagoa de Cima)	12/04/09	09	02/07/09	07
6 Campo Novo e Venda Nova	23/04/09	10	04/08/09	10
7 Baixa Grande	06/05/09	10	04/08/09	07
8 Pernambuco/Ibitioca	15/05/09	10	16/07/09	09
9 Guriri	21/05/09	08	16/07/09	05
10 Ponta da Lama	21/05/09	02	16/07/09	02

No total, foram 83 análises físico-químicas (75 microbiológicas) na 1ª campanha e 69 amostras físico-químicas e microbiológicas durante a 2ª campanha.

A escolha das localidades foi feita tomando como objeto de estudo as localidades que não possuíam água tratada fornecida pela rede de abastecimento pública na ocasião da realização deste trabalho. Sendo assim, os moradores dessas localidades utilizavam predominantemente água subterrânea, e eventualmente outras fontes alternativas.

A pesquisa foi realizada com o auxílio de duas bolsistas de iniciação científica e dois bolsistas da Unidade de Pesquisa e Extensão Agroambiental (UPEA). Com um auxílio de um GPS, foram obtidas no campo as coordenadas geográficas das casas amostradas nas

comunidades. A seleção das casas foi realizada de forma a obtermos uma representatividade da localidade.

As amostras foram colhidas majoritariamente de poços freáticos, como também em poço artesiano e outras fontes alternativas de água, como cachoeira e nascente, entre os meses de fevereiro e julho de 2009.

A fim de se obter resultados confiáveis, foram realizadas duas campanhas de amostragem (repetição) em cada comunidade, em diferentes meses do ano, o que também possibilitou uma avaliação sobre o efeito dos períodos chuvoso e seco nos resultados das análises. A 1ª campanha ocorreu predominantemente no período chuvoso e a segunda no período mais seco.

As amostras para determinações físico-químicas foram coletadas em frascos plásticos limpos e as amostras para determinação microbiológicas foram coletadas utilizando bolsas nasco (saco plástico esterelizado), ambas acondicionadas em caixas de material isotérmico contendo cubos de gelo.

A amostragem foi feita aleatoriamente nas localidades, sendo que a pesquisa de campo, em cada amostragem, foi realizada em três etapas: aplicação do questionário sócio-ambiental (em anexo), coleta das amostras de água e pesquisa nos postos de saúde sobre doenças de veiculação hídrica. As duas primeiras etapas ocorreram simultaneamente durante o trabalho de campo, e a última ocorreu após o término da segunda amostragem.

Juntamente com a aplicação do questionário sócio-ambiental, foram coletadas amostras de água diretamente do poço. Quando não foi possível, foi coletada da torneira das residências.

Com auxílio de uma trena, foram medidas as distâncias entre as fontes de água (quase sempre poço) e a fossa séptica das casas.

Os parâmetros físico-químicos analisados foram pH, turbidez, cloro, flúor, ferro, manganês, coliformes totais e coliformes termotolerantes.

No Laboratório de Monitoramento das Águas da Foz do Rio Paraíba do Sul (LabFoz) instalado na UPEA, os ensaios realizados foram seguidos de acordo com normas padrões de procedimento descritas no livro *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*, 21ª Edição (EATON, 2005).

As amostras coletadas foram submetidas aos seguintes ensaios:

- Determinação de Potencial Hidrogeniônico – pH;
- Determinação de Turbidez;

- Determinação de Cloro Livre;
- Determinação de Cloro Total;
- Determinação de Flúor.

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata e as médias realizados em quintuplicata, totalizando assim 15 determinações por resultado, seguindo recomendações da Resolução CONAMA 396 /2008, sobre água subterrânea.

As determinações de Fe, Mn, coliformes totais e termotolerantes foram realizadas em laboratório particular, conforme metodologia a ser descrita no próximo item.

Encerrado o período de amostragem e aplicação do questionário sócio-ambiental, foram realizadas saídas de campo para visitar os postos de saúde das localidades que os possuíam, a fim de coletar dados sobre a incidência de doenças de veiculação hídrica. O Questionário (adendo A), foi aplicado a médicos, encarregados, enfermeiros e administradores dos postos de saúde que porventura estiveram presentes.

3.1 Determinações físico-químicas

3.1.1 Ensaios de Determinação de Potencial Hidrogeniônico – pH

Nesse ensaio é determinada a concentração de íons H_3O^+ presentes em solução. De acordo com os resultados, pode-se classificar a solução como tendo caráter ácido, caso o valor esteja abaixo de 7,0; básico, para valores acima de 7,0; e caráter neutro para resultados de pH igual a 7,0.

Para a determinação de pH foi utilizado o pHmetro portátil da marca Thermo Scientific, modelo Orion 3 Star (Figura 13), adquirido pelo LabFoz.



Figura 13 - pHmetro

Na realização das análises, primeiramente era realizada a calibração do equipamento de acordo com o procedimento descrito no seu manual e utilizando os padrões de pH fornecidos juntamente com o equipamento.

Na determinação, a amostra era transferida para uma proveta de 50 mL, sendo feita a lavagem química adequadamente, para depois ser inserido o eletrodo do equipamento. As leituras foram realizadas três (3) vezes para uma mesma alíquota da amostra.

A precisão relativa do pHmetro é de ± 0.002 pH.

3.1.2 Ensaios de Determinação de Turbidez

Neste ensaio determina-se a presença de sólidos em suspensão numa solução. Esses sólidos podem atrapalhar a ação de agentes desinfetantes que são adicionados à água, além de conferir aspecto visual desagradável à mesma.

Materiais, equipamentos e reagentes utilizados:

- Turbidímetro portátil, marca Solar Instrumentação, modelo SL 2K (Figura 14);
- Cubeta de vidro para Turbidímetro;
- Becker;
- Água deionizada; e
- Solução Padrão de Formazina para turbidez de 10 NTU, 100NTU e 800NTU (Figura 14).



Figura 14 - Turbidímetro e soluções padrão

No procedimento de análise, inicialmente foram preparados os padrões necessários (10 NTU, 100NTU e 800NTU) utilizando-se a Formazina. Em seguida foi realizada a calibração no equipamento com estes padrões e a lavagem química nas cubetas com a

amostra. Nas medições, foram realizadas três leituras na mesma cubeta, sempre agitando antes de cada leitura e anotados os valores. Este procedimento foi repetido para mais quatro alíquotas da amostra.

3.1.3 Ensaios de Determinação de Cloro Livre

A determinação de Cloro Livre consistiu em analisar a concentração de Ácido Hipocloroso (HClO) e íons Hipoclorito (OCl^-) presentes em água, que são agentes desinfetantes adicionados nas estações de tratamento de água. Estes agentes eliminam microrganismos patogênicos, evitando assim, qualquer doença provocada pela ingestão de água contaminada.

Materiais, equipamentos e reagentes utilizados:

- Colorímetro Digital Kit Pocket para cloro, marca Hach, modelo Pocket Colorimeter II (kit de análise);
- 2 Cubetas para análise de cloro (presentes em kit de análise);
- Reagente para Cloro Livre (presente em kit de análise);
- Becker de 100 mL;
- Cronômetro Digital.

Nas análises, foi transferido para as cubetas um pouco da água amostrada para lavagem química. Em seguida, transferiu-se 10 mL de amostra para as cubetas, tomando-se o cuidado para que o nível de amostra não ultrapassasse a marca de 10 mL. Após a adição, tomar uma cubeta para o branco e outra para realizar a análise.

Em seguida, o aparelho foi calibrado com o branco previamente selecionado, inserindo-o no aparelho e apertando a tecla "0". O reagente para cloro livre foi adicionado na segunda cubeta com amostra e agitado durante o tempo de um minuto cronometrado. Ao término da cronometragem, fazer a leitura da segunda cubeta no aparelho.

Foram realizadas mais duas leituras, sempre retirando a cubeta para agitá-la antes de cada leitura. Este procedimento foi repetido para mais quatro alíquotas da amostra.

3.1.4 Ensaios de Determinação de Cloro Total

A determinação de Cloro Total foi idêntica à que foi realizada de Cloro Livre, exceto pelo uso do reagente específico para Cloro Total.

3.1.5 Ensaios de Determinação de Flúor

Na realização dos ensaios de determinação de flúor, foram utilizados os materiais, equipamentos e reagentes:

- Colorímetro Digital Kit Pocket para flúor, marca Hach, modelo Pocket Colorimeter II (Figura 15);
- 2 Cubetas para análise de flúor (presentes em kit de análise);
- Reagente Spands para flúor da marca Hach 500 mL (corrosivo pela presença de arsenito de sódio);
- Becker de 100 mL;
- Cronômetro Digital;
- Pipeta volumétrica de 10 mL;
- Pipeta graduada de 10 mL;
- Pêras de sucção;
- Água deionizada;
- Becker de 25 mL;
- Luvas;
- Bombona para descarte.



Figura 15 - Fluorímetro

O procedimento de análise consistiu em transferir para as cubetas um pouco da amostra para lavagem química. Foram transferidos 10 mL de água deionizada para a cubeta, utilizando-se a pipeta volumétrica. Em seguida, usando luvas, foram adicionados, cuidadosamente, 2 mL de reagente SPANDS na mesma cubeta, com auxílio da pipeta graduada de 10 mL para a preparação da prova em branco. O aparelho foi calibrado com o branco previamente selecionado, inserindo-o no aparelho e apertando a tecla “0”. Em outra cubeta, foram transferidos 10 mL de amostra, utilizando-se a pipeta volumétrica de 10 mL e adicionados 2 mL de reagente SPANDS na mesma cubeta com auxílio da pipeta graduada de 10 mL, e em seguida agitado durante um minuto cronometrado.

Ao término da cronometragem, foi realizada a leitura da segunda cubeta no aparelho. Ao final do procedimento, foram descartadas as amostras com reagente em bombona apropriada. Este procedimento foi repetido para mais quatro alíquotas da amostra.

3.1.6 Determinação de ferro e manganês

Para a determinação de ferro e manganês foi utilizado o Portable Datalogging Spectrophotometer de bancada da marca HACH DR/2010 adquirido na Empresa HEXIS.

A calibração do equipamento é feita uma vez por ano de acordo com o procedimento descrito em manual fornecido juntamente com o equipamento pela empresa HEXIS.

O procedimento de análise consistiu em transferir para as cubetas um pouco da amostra para lavagem química.

Para análise de ferro, é selecionado o programa para ferro (Fe) no aparelho e em seguida ajustado o comprimento de onda para 510 nm. Em uma cubeta de 10 ml coloca-se água deionizada para servir de branco. Em outra cubeta, coloca-se 10 mL da amostra de água, adiciona-se o conteúdo de um pillow do reagente FerroVer Iron na amostra, agita-se a cubeta para homogeneizar e espera-se por três minutos para que a reação se complete. Em seguida, coloca-se a cubeta com o branco no compartimento de análise do espectrofotômetro para leitura no aparelho e aperta-se o botão “ZERO”. Em seguida, faz-se a leitura da amostra apertando o botão “READ”. Os resultados são obtidos em mg/L de ferro.

Para o manganês, no mesmo aparelho, é selecionado o programa para manganês (Mn) e em seguida selecionado o comprimento de onda para 560 nm.

Em uma cubeta de 10 ml coloca-se água deionizada para servir de branco. Em outra cubeta coloca-se 10 mL da amostra de água, adiciona-se o conteúdo de um pillow do reagente Ascorbic Acid na amostra e agita-se a cubeta para homogeneizar.

Em seguida, adiciona-se 15 gotas de Alkaline-Cyanide Reagent Solution para cada cubeta (branco e amostra), homogeneiza e adiciona-se 21 gotas de 0,1% PAN Indicator Solution à cada cubeta (branco e amostra). Homogeneizar e esperar por dois minutos para que a reação se complete. Em seguida, coloca-se a cubeta com o branco no compartimento de análise do espectrofotômetro e aperta o botão “ZERO” no aparelho, e posteriormente faz-se a leitura da amostra apertando o botão “READ”. Os resultados são obtidos em mg/L de manganês.

Em relação ao espectrofotômetro, possui precisão de comprimento de onda de ± 2 nm de 400-700 nm; e ± 3 nm de 700-900 nm. Possui resolução de comprimento de onda de 1 nm.

3.1.7 Análises Microbiológicas

Na determinação do número mais provável (MPN) de coliformes totais e termotolerantes, a técnica utilizada foi a da Enzima substrato. A amostra foi introduzida em meio de cultivo (Colillett), aguardando-se por cerca de 20 minutos. Após este período, ela foi introduzida em cartela com pequenos blocos e colocada em estufa com permanência de 24 horas. Depois, realizou-se a leitura das possíveis colimetrias e chegou-se ao MPN (número mais prováveis). A metodologia de coleta e técnicas de análises utilizadas estão de acordo com as recomendações do Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20° edição, conforme preconiza a Portaria n° 25 de março de 2004 do Ministério da Saúde.

3.2 Tratamento dos dados

Os dados das análises físico-químicas foram digitalizados em planilhas para análises estatísticas. Para os parâmetros pH, turbidez, cloro total, cloro livre, flúor, ferro e manganês, foram calculados média total e desvio padrão combinado (Sc) para cada localidade nas duas

campanhas. Os resultados foram apresentados sob a forma de gráficos e tabelas para melhor visualização.

Para as análises microbiológicas, foram gerados apenas gráficos com o percentual de amostras reprovadas por localidade.

Os resultados dos ensaios físico-químicos e microbiológicos foram comparados pela portaria 518/2004 do Ministério da Saúde. Apenas o valor máximo permitido (VMP) para Cloro total e o teor mínimo recomendado para flúor não estavam contemplados na legislação, sendo utilizado então valores utilizados na pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e por alguns Estados Brasileiros.

Para as análises de pH, a portaria 518/2004 MS (Art. 16 §1º) recomenda que a faixa ideal de pH da água para consumo humano esteja na faixa de 6,0 a 9,5.

Para ferro, o VMP adotado foi de 0,3 mg/L, e de 0,1 mg/L para manganês, segundo o Art. 16 da portaria 518/2004 MS.

A portaria 518/2004 do Ministério da Saúde não estabelece um VMP padrão para Cloro total na água para consumo humano. Entretanto, a Organização Mundial de Saúde (OMS) indica 5 mg/L, padrão também utilizado pela Concessionária Águas do Paraíba, no processo de cloração da água para a população.

Para cloro residual livre, a portaria recomenda um teor mínimo em qualquer ponto, de 0,2 mg/L (art. 13), e como teor máximo 2,0 mg/L (art. 16 § 2).

A portaria 518/2004 do Ministério da Saúde não estabelece um teor mínimo padrão para o flúor na água para consumo humano. Entretanto, em diversas cidades tem-se adotado um valor mínimo comum, que é de 0,7 mg/L. A Sabesp, empresa concessionária de serviços de abastecimento básico localizada no Estado de São Paulo, adota este valor. No Estado de São Paulo, a Resolução SS - 250/95 (art. 1º) estabelece uma concentração ideal de flúor na água destinada para consumo humano de 0,7 mg/L, sendo que as águas que estiverem na faixa de 0,6 – 0,8 mg/ L são consideradas dentro do padrão.

Nos EUA, o Serviço de saúde pública estabeleceu níveis ótimos de flúor de 0,7 a 1,2 mg/L de flúor na água, dependendo da temperatura diária do ar, com o teor se reduzindo com o aumento da temperatura (CDPH,2010 e Public Health Service, 1990). Suprimentos de água com níveis de 0,0 a 0,3 mg/L (ou PPM) são considerados não fluoretados para a USEPA (Agência de Proteção Ambiental Norte Americana) (AAFP,2010).

Quanto ao teor máximo, no Brasil, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece para água doce classes 1, 2 e 3, o máximo de 1,4 mg/L. Já o Ministério da Saúde estabelece através da Portaria Nº 518 o valor máximo de 1,5 mg /L de Flúor em água potável.

Neste trabalho, vamos adotar como padrão para o teor mínimo de Flúor na água, 0,7 mg/L e como VMP, 1,5 mg/L (como na Portaria 518/2004 MS).

O padrão de turbidez recomendado pela portaria (Art. 12 §1º) é definido pelo VMP de 5 UT (unidade de turbidez).

As análises dos parâmetros microbiológicos também têm como referência a portaria Nº 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde, que estabelece o padrão microbiológico de potabilidade da água para consumo humano. Tendo em vista o uso da água para consumo humano, a portaria estabelece como valor máximo permitido (VPM) para Coliformes totais, ausência em 100 ml de água. Entretanto, de acordo com o §9 do art.11 da portaria,

Em amostras individuais procedentes de poços, fontes, nascentes e outras formas de abastecimento sem distribuição canalizada, tolera-se a presença de coliformes totais, na ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes, nesta situação devendo ser investigada a origem da ocorrência, tomadas providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e realizada nova análise de coliformes.

Ainda de acordo com a referente portaria, para coliformes termotolerantes, o padrão é a ausência em 100 ml de água para consumo humano em toda e qualquer situação, incluindo fontes individuais como poços, minas, e nascentes, dentre outras.

Os resultados dos questionários sócio-ambientais e dos questionários epidemiológicos foram utilizados para interpretação dos resultados obtidos nos ensaios físico-químicos e microbiológicos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Parâmetros físico-químicos

4.1.1 pH

Para as análises de pH, a faixa ideal recomendada pela portaria 518/2004 MS para consumo humano é de 6,0 a 9,5.

A tabela 4 e a Figura 16 apresentam os resultados médios do parâmetro pH e seus respectivos desvios padrão.

Tabela 4 - Valores médios do parâmetro pH e seus respectivos desvios padrão.

Localidade	1ª Campanha		2ª Campanha	
	média/desvio padrão	n	média/desvio padrão	n
Bariri	4,63±0,03	08	4,26±0,05	06
Travessão	4,82±0,03	08	4,60±0,02	07
Posse do Meio	6,72±0,06	08	6,19±0,11	08
Conceição do Imbé	6,33±0,04	10	6,54±0,10	08
Lagoa de Cima (Praça São Benedito)	6,06±0,11	09	5,73±0,03	07
Campo Novo/Venda Nova	7,22±0,02	10	6,93±0,04	10
Baixa Grande	6,92±0,02	10	7,06±0,05	07
Pernambuca/Ibitioca	5,44±0,23	10	5,17±0,02	09
Ponta da Lama	4,96±0,21	02	4,90±0,01	02
Guriri	5,12±0,09	08	4,24±0,02	05

n= número de amostras por localidade

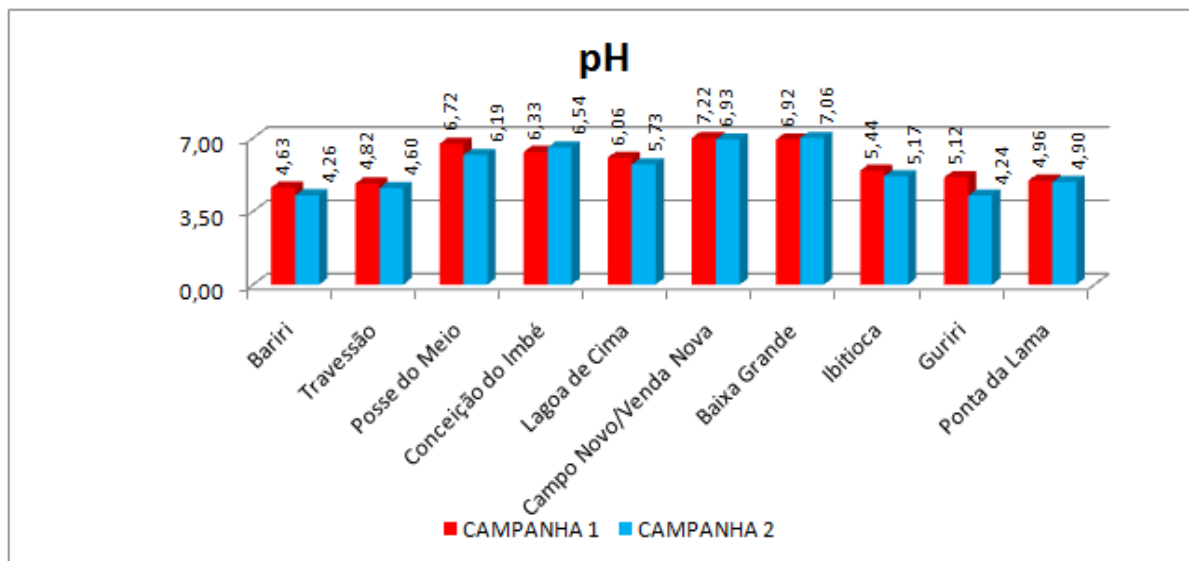


Figura 16 - Resultado das médias dos valores de pH por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

A maioria das médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo do valor de 6,0, estando, portanto, fora da faixa ideal de pH da água para consumo humano, segundo Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde. Os desvios padrão obtidos foram pequenos comparados aos valores das médias, sendo que o máximo ocorreu em Ponta da Lama (a média obtida foi de 4,96 e desvio padrão de 0,21 na 1ª campanha), demonstrando, portanto, a baixa variabilidade das amostras nas localidades amostradas.

Considerando as amostragens feitas em cada localidade por campanha, foram observados os seguintes resultados.

Em **Bariri**, na 1ª campanha, 25% das amostras (02) estavam dentro do padrão e os 75% restantes (06) estavam fora da faixa ótima, apresentando pH mais baixo. Na 2ª campanha, 100% das amostras apresentaram pH fora da faixa ótima, permanecendo a tendência à acidez.

Em **Travessão** (Km15), tanto na 1ª como na segunda campanha, 100% das amostras estavam fora da faixa padrão de pH para consumo humano, e com o pH baixo.

Em **Posse do Meio**, na 1ª campanha, 25% estavam fora da faixa ideal e na segunda campanha, 12,5%. Em ambas, as amostras reprovadas apresentaram pH mais baixo.

Em **Conceição do Imbé**, na 1ª campanha, 30% das amostras estavam com pH fora do padrão. Já na 2ª campanha, apenas 12,5% estavam fora do padrão.

Em **Lagoa de Cima**, na 1ª campanha 33,3% estavam fora do padrão. Já na 2ª campanha 74,4% estavam fora do padrão.

Em **Campo Novo** e **Venda Nova**, na 1ª campanha, 100% das amostras estavam dentro do padrão de pH, e na 2ª campanha, 10% estava fora do padrão.

Em **Baixa Grande**, tanto na 1ª como na 2ª campanha, todas as amostras estavam dentro do padrão de pH.

Ibitioca, apresentou 50% das amostras fora do padrão para pH na 1ª campanha, e 88,9% na 2ª campanha.

Em **Guriri**, 87,5% das amostras estavam fora do padrão na 1ª campanha, e 100% na 2ª.

Em **Ponta da Lama**, tanto na 1ª quanto na 2ª campanha, todas as amostras estavam fora do padrão de pH para água para consumo humano.

Em todas as localidades pesquisadas, todas as amostras reprovadas apresentaram o pH abaixo de 6,0, sendo, portanto, águas mais ácidas.

Com exceção de Baixa Grande, Campo Novo e Venda Nova, as demais localidades apresentaram problemas de acidez na água consumida, sendo, portanto, necessária uma atenção especial a este parâmetro na implementação de um sistema de tratamento de água nestas localidades.

4.1.2 Ferro

Na água para consumo humano o VMP é de 0,3 mg/L. A tabela 5 e a Figura 17 apresentam os resultados médios do parâmetro ferro e seus respectivos desvios padrão.

Tabela 5 - Valores médios do parâmetro ferro e seus respectivos desvios padrão.

Localidade	1ª Campanha		2ª Campanha	
	média/desvio padrão	n	média/desvio padrão	n
Bariri	0,05±0,05	08	0,08±0,12	06
Travessão	Não foi feito	0	0,06±0,06	07
Posse do Meio	0,01±0,01	08	0,10±0,16	08
Conceição do Imbé	0,14±0,16	10	0,06±0,01	08
Lagoa de Cima (Praça São Benedito)	0,03±0,05	09	0,06±0,06	07
Campo Novo/Venda Nova	1,40±1,50	10	2,01±1,91	10
Baixa Grande	1,60±3,90	10	2,00±4,00	07
Pernambuca/Ibitioca	0,01±0,02	10	0,04±0,01	09
Ponta da Lama	0,00±0,00	02	0,00±0,00	05
Guriri	0,21±0,38	08	0,09±0,12	02

n= o número de amostras por localidade

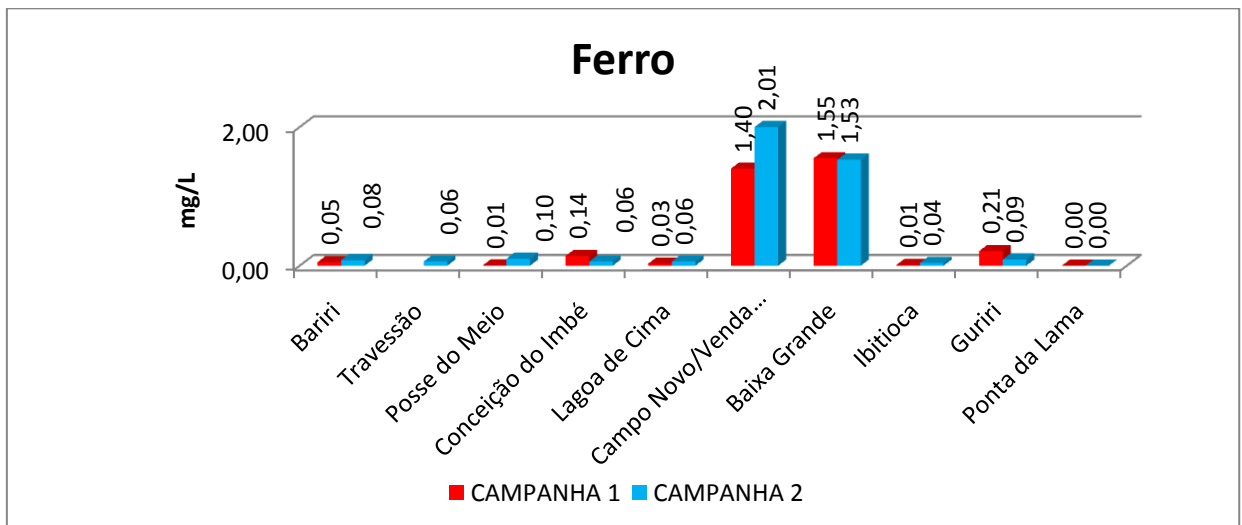


Figura 17 - Resultado das médias dos valores de ferro por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

A maioria das médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo do valor de 0,3 mg/L, que é o valor máximo permitido para água para consumo humano, segundo Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde. Campo Novo/Venda Nova e Baixa Grande obtiveram médias altas, excedendo em muito o VMP. Nestas localidades, a alta concentração de ferro é uma característica da água subterrânea, o que confirma este resultado.

Na maioria das localidades, os desvios padrão obtidos estavam bem próximos dos valores das médias, sendo que em Baixa Grande o desvio padrão foi altíssimo (3,86 e 4,0 mg/L) se comparado com a média e o VMP. Isso também pode ser verificado, através das Figuras 18 e 19, onde é possível observar duas amostras com valores bem diferentes das demais na Figura 18, e uma amostra com valor bem discrepante em relação às demais na Figura 19. Os demais resultados estão bem abaixo dos VMP estabelecidos pela portaria. Sendo assim, não houve uma homogeneidade nos valores das amostras.

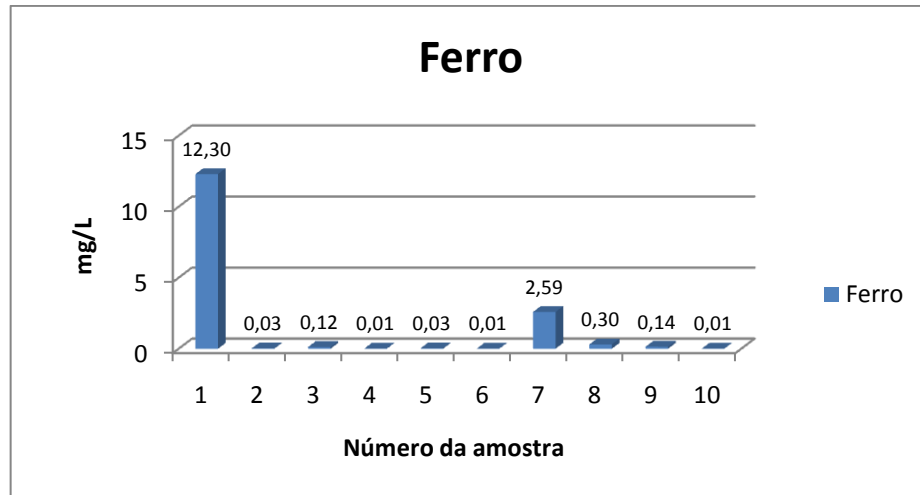


Figura 18 - Resultado das médias de ferro em Baixa Grande na 1ª campanha

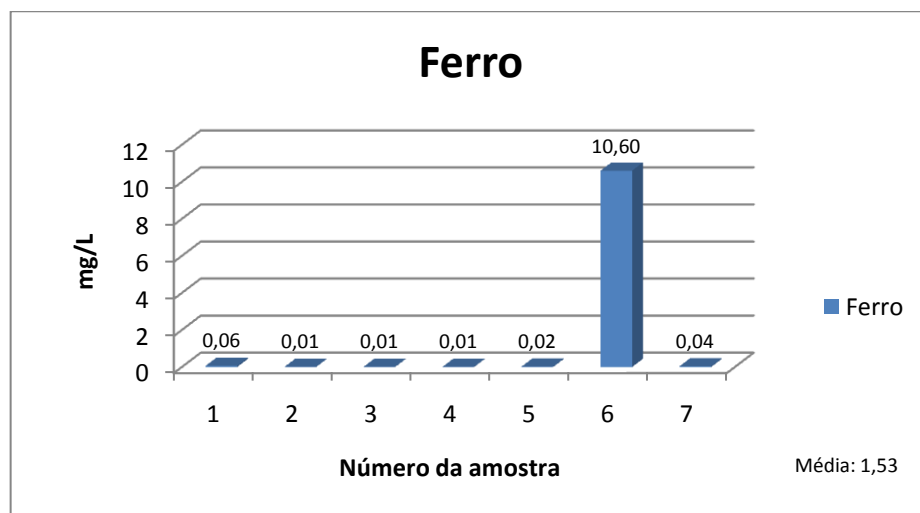


Figura 19 - Resultado das médias de ferro em Baixa Grande na 2ª campanha

Considerando as amostragens feitas em cada localidade por campanha, foram observados os seguintes resultados.

Em **Lagoa de Cima, Ibitioca, Ponta da Lama e Bariri**, tanto na 1ª quanto na 2ª campanha, as amostras estavam dentro do padrão estabelecido (VMP = 0,3 mg/L). Em Bariri, na 2ª campanha, uma amostra esteve no limiar entre o valor aceitável e o reprovável (0,3 mg/L).

Em **Travessão**, foi realizada apenas uma campanha, onde todas as amostras estavam dentro do padrão.

Em **Posse do Meio**, todas as amostras estavam abaixo do VMP, ou seja, dentro do padrão, e na 2ª campanha, 12,5% estavam fora do padrão, ou seja acima do VMP.

Em **Conceição do Imbé**, na 1ª amostragem, 20% das amostras estavam acima do VMP. Já na 2ª campanha, todas estavam dentro do padrão.

Em **Campo Novo e Venda Nova**, 90% das amostras estavam acima do VMP na 1ª campanha, e 70% na 2ª campanha. As concentrações de ferro se apresentaram muito acima do VMP para a maioria das amostras reprovadas, sendo, portanto, águas bastante ferruginosas.

Em **Baixa Grande**, na 1ª campanha, 20% das amostras estavam acima do VMP (12,3 e 2,59 mg/L). Na 2ª campanha, 14,3% das amostras estavam acima do VMP (10,6 mg/L).

Em **Guriri**, na 1ª campanha, 25% das amostras estavam acima do VMP. Já na 2ª campanha, nenhuma foi reprovada.

Desta forma, destacadamente as localidades de Campo Novo/Venda Nova e Baixa Grande foram as que apresentaram concentrações de ferro acima do VMP nas duas campanhas, exigindo, portanto, atenção especial no que se refere a este parâmetro.

4.1.3 Manganês

Para o consumo humano, o VMP adotado para manganês é de 0,1 mg/L. A tabela 6 e a Figura 20 apresentam os resultados médios do parâmetro manganês e seus respectivos desvios padrão.

Tabela 6 - Valores médios do parâmetro manganês e seus respectivos desvios padrão.

Localidade	1ª Campanha		2ª Campanha	
	média/desvio padrão	n	média/desvio padrão	n
Bariri	0,60±0,30	08	0,06±0,03	06
Travessão	Não foi feito	0	0,07±0,06	07
Posse do Meio	0,10±0,20	08	Não foi feito	0
Conceição do Imbé	0,01±0,01	10	0,01±0,03	08
Lagoa de Cima (Praça São Benedito)	0,32±0,53	09	0,20±0,21	07
Campo Novo/Venda Nova	0,35±0,16	10	0,20±0,10	10
Baixa Grande	0,80±0,90	10	0,25±0,29	07
Pernambuca/Ibitioca	0,05±0,04	10	0,08±0,09	09
Ponta da Lama	0,24±0,16	02	0,24±0,16	02
Guriri	0,08±0,08	08	0,05±0,05	05

n= o número de amostras por localidade

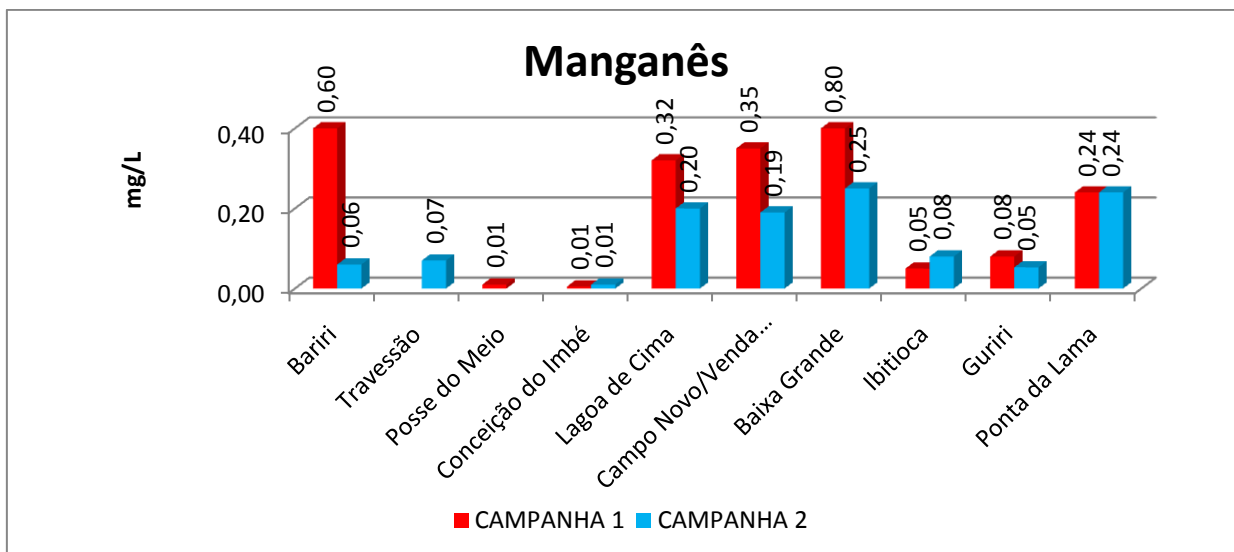


Figura 20 - Resultado das médias de manganês por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

Em algumas localidades, as médias observadas apresentaram-se acima do valor de 0,1 mg/L, estando portanto fora do padrão de manganês da água para consumo humano, segundo Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde. Os desvios padrão obtidos, se comparados aos valores das médias, variaram entre baixos e altos, sendo que os maiores ocorreram em Baixa Grande. Os altos desvios padrão demonstram a alta variabilidade das amostras nas localidades amostradas.

Considerando as amostragens feitas em cada localidade por campanha, foram observados os seguintes resultados:

Em Bariri, na 1ª campanha, apenas 12,5% das amostras estavam fora do VMP, com teor de manganês bem próximo do limiar (teor da amostra = 0,117).

Em **Travessão**, foi feita análise apenas em uma campanha, na qual apenas 14,3% estavam fora do VMP, com teor de manganês bem próximo do limiar também.

Em **Posse do Meio**, na 1ª campanha 12,5% das amostras estavam acima do VMP. Não foi realizada a análise de manganês na 2ª amostragem por falta de reagente no laboratório.

Em **Conceição do Imbé**, tanto na 1ª quanto na 2ª campanha, todas as amostras estavam abaixo do VMP.

Em **Lagoa de Cima**, na 1ª campanha, 33,3% das amostras estavam acima do VMP, com duas amostras apresentando valores bem acima, como 1,3 e 1,2 mg/L, e na 2ª campanha, 42,9% .

Em **Campo Novo e Venda Nova**, na 1ª campanha, 100% das amostras estavam acima do VMP. Já na 2ª campanha, esse percentual era de 70% .

Em **Baixa Grande**, na 1ª campanha, 70% das amostras estavam acima do VMP (1 amostra 3,04 mg/L). Na 2ª campanha, 57,1% estavam fora do padrão.

Ibitioca teve 90% das amostras aprovadas na 1ª campanha. Já na 2ª campanha, 22,2% estava acima do VMP, entretanto não muito acima do limiar.

Em **Guriri**, na 1ª campanha, 37,5% das amostras estavam reprovadas por manganês, e 33,3% na 2ª.

Em **Ponta da Lama**, tanto na 1ª quanto na 2ª campanha, a água do poço que abastece a cidade estava com os valores de manganês acima do VMP. Entretanto, as análises do domicílio estavam bem abaixo do VMP, ou seja, dentro do padrão.

Portanto, as localidades de Bariri, Lagoa de Cima, Campo Novo/Venda Nova, Baixa Grande e Ponta da Lama apresentaram valores acima do VMP para o parâmetro manganês. A presença deste elemento está quase sempre associada com a do ferro, indicando portanto que a formação geológica nestas localidades é determinante na ocorrência destes elementos.

4.1.4 Cloro total

O VMP adotado para cloro total em água para consumo humano é de 5 mg/L. A tabela 7 e a Figura 21 apresentam os resultados médios do parâmetro cloro total e seus respectivos desvios padrão.

Tabela 7 - Valores médios do parâmetro cloro total e seus respectivos desvios padrão.

Localidade	1ª Campanha		2ª Campanha	
	média/desvio padrão	n	média/desvio padrão	n
Bariri	0,014±0,008	08	0,008±0,004	06
Travessão	ND	08	0,003±0,002	07
Posse do Meio	ND	008	0,004±0,002	08
Conceição do Imbé	0,010±0,040	110	0,012±0,002	08
Lagoa de Cima (Praça São Benedito)	Não foi feito	909	0,011±0,004	07
Campo Novo/Venda Nova	Não foi feito	10	0,026±0,002	10
Baixa Grande	0,020±0,010	10	0,034±0,002	07
Pernambuca/Ibitioca	0,017±0,011	10	0,011±0,003	09
Ponta da Lama	0,040±0,030	02	0,005±0,000	02
Guriri	0,040±0,050	08	0,015±0,000	05

n= o número de amostras por localidade ; ND = não detectado

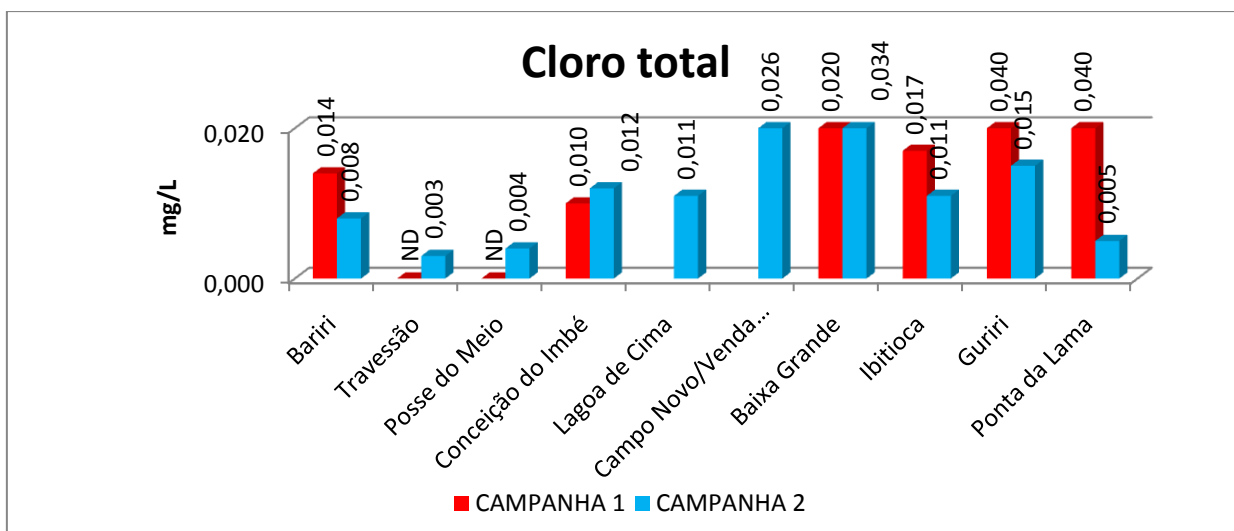


Figura 21 - Resultado das médias dos valores de cloro total por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

Todas as médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo do VMP para cloro total – que é de 5 mg/L – e com médias bem baixas. Os desvios padrão obtidos não foram tão pequenos se comparados aos valores das médias. Entretanto, como as médias foram bem baixas, foram considerados insignificantes estes desvios. Algumas localidades foram mais homogêneas em relação às outras quanto ao parâmetro cloro total.

4.1.5 Cloro livre

Para cloro residual livre, o teor mínimo recomendado em qualquer ponto é de 0,2 mg/L e o teor máximo 2,0 mg/L. A tabela 8 e a Figura 22 apresentam os resultados médios do parâmetro cloro livre e seus respectivos desvios padrão desta pesquisa.

Tabela 8- Valores médios do parâmetro cloro livre e seus respectivos desvios padrão.

Localidade	1ª Campanha		2ª Campanha	
	média/desvio padrão	n	média/desvio padrão	n
Bariri	0,010 ±0,010	08	0,000±0,000	06
Travessão	ND	08	0,003±0,003	07
Posse do Meio	ND	08	0,000±0,000	08
Conceição do Imbé	0,002±0,014	10	0,008±0,002	08
Lagoa de Cima (Praça São Benedito)	Não foi feito	0	0,006±0,005	07
Campo Novo/Venda Nova	Não foi feito	0	0,015±0,003	10
Baixa Grande	0,017±0,009	10	0,022±0,002	07
Pernambuca/Ibitioca	0,002±0,004	10	0,004±0,000	09
Ponta da Lama	0,001±0,003	02	0,005±0,000	02
Guriri	0,003±0,003	08	0,010±0,003	05

n= o número de amostras por localidade; ND = não detectado

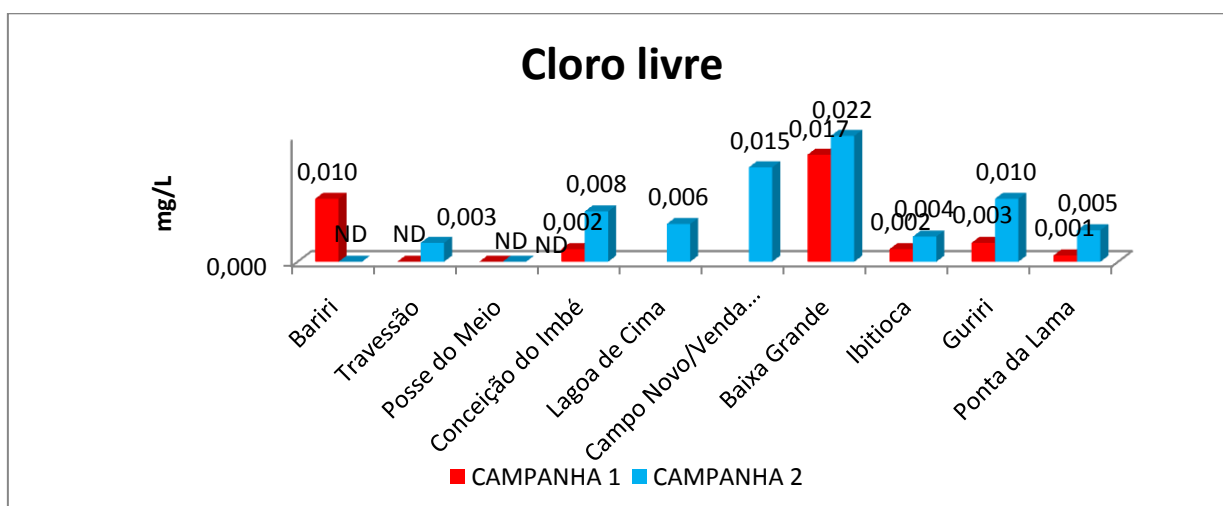


Figura 22 - Resultado das médias dos valores de cloro livre por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

Todas as médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo da concentração mínima de 0,2 mg/L, estando, portanto, abaixo do padrão recomendável para cloro livre na água para consumo humano, segundo Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde. Os desvios padrão obtidos foram pequenos, assim como as médias, sendo que as variações das amostras foram em valores bem insignificantes, se comparados ao valor mínimo recomendado pela portaria 518/2004 MS.

Valores de cloro livre acima do VMP foram encontrados apenas em Campo Novo e Venda Nova, na 1ª campanha, quando 20% das amostras apresentaram cloro livre acima do VMP. Já na 2ª campanha, todas as amostras estavam dentro do padrão.

Portanto, os valores de cloro total e cloro livre encontrados ficaram praticamente todos abaixo do VMP recomendado pela portaria 518/2004 MS. Este resultado é um indicador de que preventivamente não se tem utilizado o cloro com agente para combater microorganismos presentes na água consumida, conforme recomendação dos organismos de saúde.

4.1.6 Flúor

Considerando a água para consumo humano, foi adotado como padrão para teor mínimo 0,7 mg/L, e como VMP 1,5 mg/L de flúor. A tabela 9 e a Figura 23 apresentam os resultados médios do parâmetro flúor e seus respectivos desvios padrão.

Tabela 9 - Valores médios do parâmetro flúor e seus respectivos desvios padrão.

Localidade	1ª Campanha		2ª Campanha	
	média/desvio padrão	n	média/desvio padrão	n
Bariri	Não foi feito	0	0,069±0,005	06
Travessão	Não foi feito	0	0,142±0,003	07
Posse do Meio	Não foi feito	0	0,470±0,004	08
Conceição do Imbé	0,135±0,003	10	0,003±0,000	08
Lagoa de Cima (Praça São Benedito)	0,082±0,004	09	0,035±0,003	07
Campo Novo/Venda Nova	0,490±0,010	10	0,522±0,004	10
Baixa Grande	0,236±0,009	10	0,320±0,004	07
Pernambuca/Ibitioca	0,118±0,004	10	0,078±0,003	09
Ponta da Lama	0,143±0,004	02	0,151±0,003	02
Guriri	0,040±0,002	08	0,042±0,004	05

n= o número de amostras por localidade

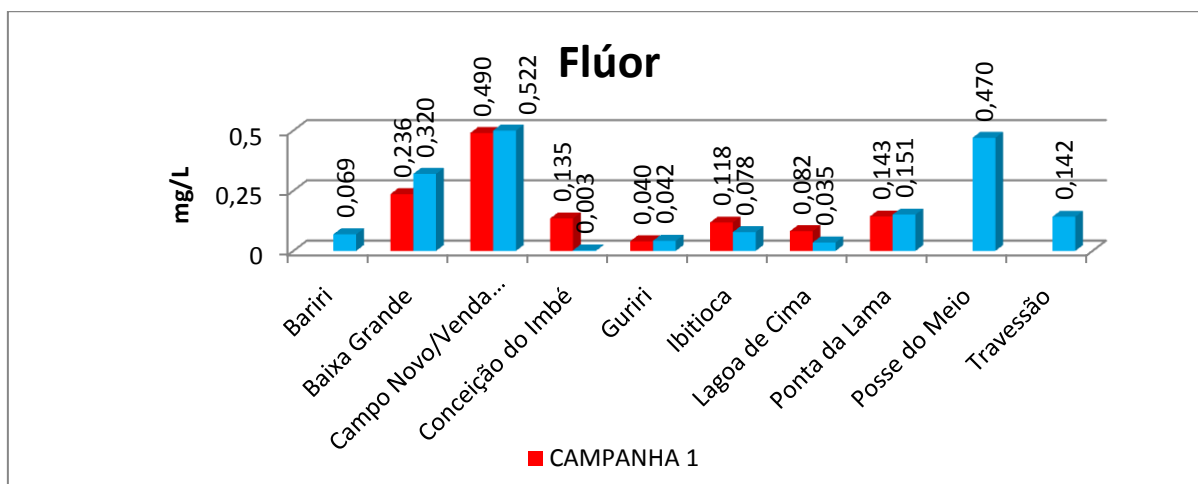


Figura 23 - Resultado das médias dos valores de flúor por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

Todas as médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo do valor de mínimo recomendado. Entretanto, como o flúor já é encontrado em pequenas proporções e geralmente é adicionado à água tratada para ajudar na prevenção de cáries, a sua baixa concentração não vai influenciar negativamente na qualidade da água.

Os desvios padrão obtidos foram pequenos comparados aos valores das médias, demonstrando baixa variabilidade das amostras nas localidades amostradas.

Considerando as amostragens feitas em cada localidade por campanha, foram observados os seguintes resultados.

Nas localidades de **Bariri**, **Travessão** (Km15) e **Posse do Meio**, não foi analisada concentração de flúor das amostras por falta de reagente no LabFoz/UPEA. Entretanto, na 2ª campanha, tanto em **Bariri**, quanto em **Travessão**, a concentração de flúor estava abaixo do valor mínimo estabelecido (0,7 mg/L). Já em **Posse do Meio**, 25% das amostras apresentaram a quantidade mínima de flúor recomendada e ainda permaneceram abaixo do VMP que é de 1,5 mg/L.

Em Campo Novo e Venda Nova, na 1ª campanha, 10% das amostras apresentaram a concentração mínima de flúor recomendada e abaixo do VMP. Na 2ª campanha esse percentual foi de 20%.

As demais localidades pesquisadas também apresentaram concentração de flúor não detectada ou abaixo do valor mínimo recomendado.

Desta forma, as análises de flúor indicam a necessidade de incorporação de elemento em caso da implementação de tratamento de água nas localidades estudadas.

4.1.7 Turbidez

O VMP para turbidez recomendado é de 5 UT (unidade de turbidez). A tabela 10 e a Figura 24 apresentam os resultados médios do parâmetro pH e seus respectivos desvios padrão desta pesquisa.

Tabela 10 - Valores médios do parâmetro turbidez e seus respectivos desvios padrão.

Localidade	1ª Campanha		2ª Campanha	
	média/desvio padrão	n	média/desvio padrão	n
Bariri	0,25±0,02	08	0,43±0,42	06
Travessão	0,95±0,03	08	0,20±0,16	07
Posse do Meio	1,40±0,10	08	1,60±0,20	08
Conceição do Imbé	20,00±3,00	10	1,50±0,10	08
Lagoa de Cima (Praça São Benedito)	2,20±0,20	09	1,80±0,60	07
Campo Novo/Venda Nova	10,40±0,10	10	14,00±1,00	10
Baixa Grande	4,10±1,60	10	0,65±0,06	07
Pernambuca/Ibitioca	2,40±0,60	10	1,60±0,10	09
Ponta da Lama	7,00±2,00	02	0,80±0,10	02
Guriri	14,00±1,00	08	2,50±0,20	05

n= o número de amostras por localidade

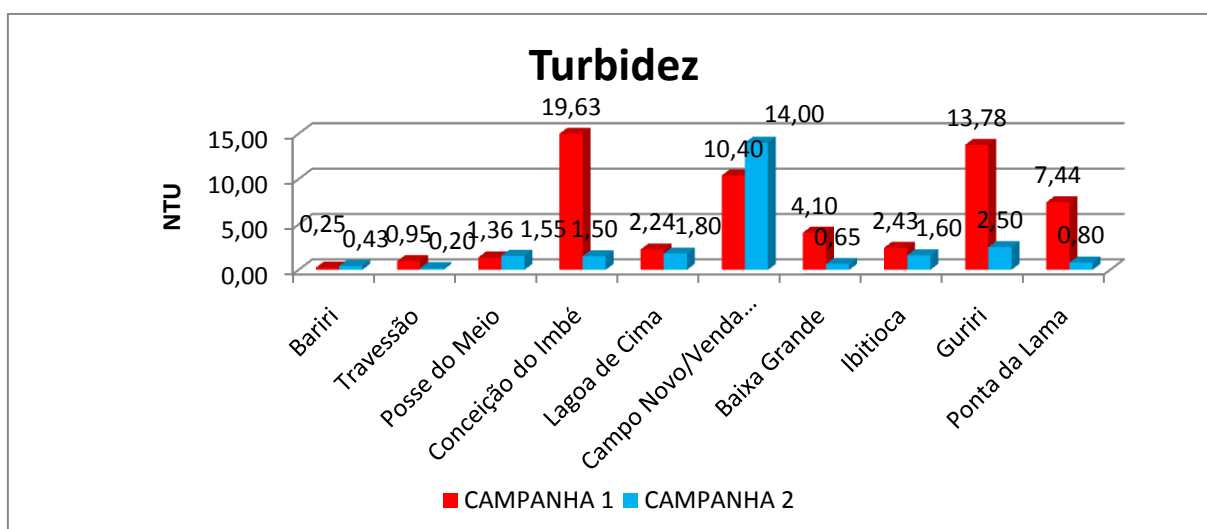


Figura 24 - Resultado das médias de turbidez por localidade nas 1ª e 2ª campanhas.

A maioria das médias observadas nas localidades amostradas apresentaram-se abaixo do valor de 5 NTU, estando portanto dentro do padrão de turbidez para água para consumo humano, segundo Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004, do Ministério da Saúde. Conceição do Imbé, Campo Novo/Venda Nova e Guriri tiveram os maiores valores de turbidez. Em Conceição do Imbé, esta média alta se deve principalmente ao uso de água de cachoeira em algumas amostras, que apresentou alta turbidez, devido provavelmente a ocorrência de chuvas, fato bastante comum na localidade. Já em Campo Novo, Venda Nova e Guriri, como as amostras eram provenientes de poço, a influência maior pode ter sido da presença do ferro precipitado. Os desvios padrão obtidos, comparados aos valores das médias,

foram pequenos na maioria das localidades, demonstrado, portanto, a baixa variabilidade das amostras nas localidades amostradas.

Considerando as amostragens feitas em cada localidade por campanha, foram observadas os seguintes resultados.

Em **Bariri, Travessão (Km15)** e **Posse do Meio**, tanto na 1ª quanto na 2ª campanha, todas as amostras estavam dentro do padrão, ou seja, os resultados estavam abaixo do VMP, que era 5 UT.

Em **Conceição do Imbé**, na 1ª campanha, 70% das amostras estavam fora do padrão. Entretanto na 2ª campanha, todas as amostras estavam dentro do padrão para turbidez, o que ocorreu no período de estiagem.

Em **Lagoa de Cima**, na 1ª campanha, 11,1% estavam fora do padrão, e na 2ª campanha, 14,3%.

Em **Campo Novo** e **Venda Nova**, tanto na 1ª quanto na 2ª campanha, o percentual de amostras reprovadas foi de 60%.

Em **Baixa grande**, a 1ª campanha apresentou 30% de amostras fora do padrão, porém na 2ª campanha, todas as amostras estavam dentro do padrão.

Em **Ibitioca**, na 1ª campanha, 10% das amostras estavam fora do padrão, e na 2ª campanha, 11,1%.

Em **Guriri**, na 1ª campanha, 87,5% estavam fora do padrão, e na 2ª campanha, apenas 25% ($\frac{1}{4}$).

Em **Ponta da Lama**, onde foram amostrados apenas a água do poço que abastece a localidade e um domicílio, tanto na 1ª quanto na 2ª campanha, estava dentro do padrão. Entretanto, na 1ª campanha, a amostra do domicílio estava acima do VMP, ou seja, reprovada. Porém, na 2ª campanha, a água coletada do mesmo domicílio estava dentro do padrão. Isto demonstra que a água consumida pela população local tem se apresentado dentro dos padrões. Entretanto, fatores como infiltrações nos encanamentos e/ou caixas d'água sem limpeza podem estar aumentando a turbidez.

Com relação à turbidez em todas as localidades estudadas, este parâmetro apresentou nas análises valores superiores ao VMP conforme Portaria N° 518 do MS, devendo, portanto, receber atenção especial em caso de tratamento de água.

4.2 Análise Microbiológica

Tendo em vista o uso da água para consumo humano, o VMP para coliformes totais é a ausência em 100 ml de água. Entretanto, como já dito anteriormente, a portaria 518/2004 do MS aceita coliformes totais em água de poços, fontes ou outra forma de abastecimento alternativo individual desde que haja ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes. Para coliformes termotolerantes, o VMP é a ausência em 100 ml de água. A figura 25 apresenta a porcentagem de amostras reprovadas por contaminação microbiológica na 1ª campanha, e a figura 26 apresenta os resultados da 2ª campanha.

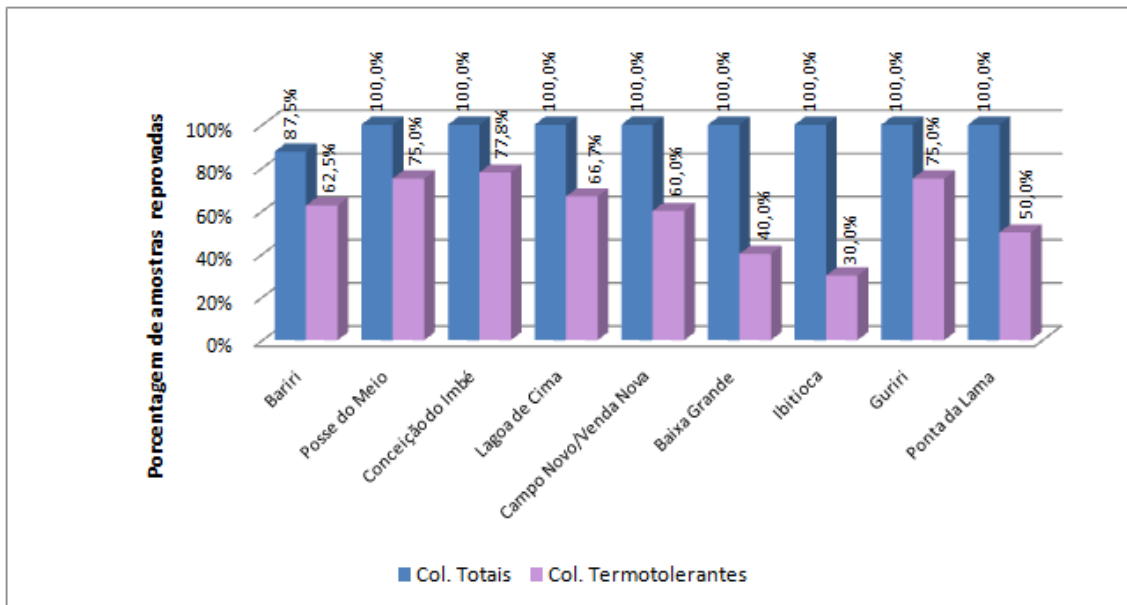


Figura 25 - Resultado das amostras reprovadas coliformes totais e coliformes termotolerantes por localidade na 1ª campanha.

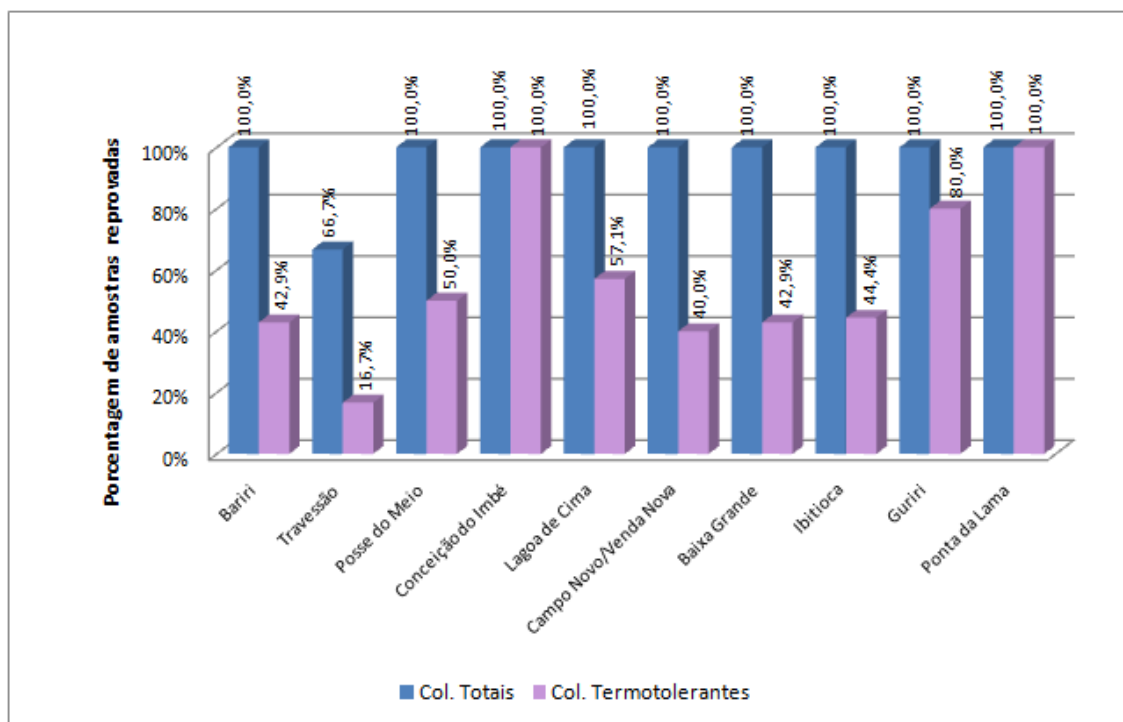


Figura 26 - Resultado das amostras reprovadas coliformes totais e coliformes termotolerantes por localidade na 2ª campanha.

Em **Bariri**, na 1ª campanha (figura 25), das 8 amostras analisadas, 7 estavam contaminadas por coliformes totais, o que representa um total de 87,5% de amostras fora dos padrões definidos pela portaria 518 de 2004 do Ministério da Saúde. Já na 2ª campanha (figura 26), 100% das amostras analisadas estavam fora do padrão para coliformes totais.

Em relação aos coliformes termotolerantes, em Bariri, na 1ª campanha, das 8 amostras analisadas, apenas 3 estavam dentro do padrão estabelecidos para coliformes termotolerantes, 62,5% estavam fora do padrão. Na 2ª campanha, das amostras analisadas, 57,1% estavam dentro do padrão, e 42,9% estavam fora do padrão estabelecido para coliformes termotolerantes em água para consumo humano.

Em **Travessão**, das 6 amostras analisadas (figura 26), em relação a coliformes totais, apenas 2 estavam dentro do padrão de potabilidade, 66,7% estavam fora dos padrões microbiológicos de coliformes totais.

Em relação aos coliformes termotolerantes, das 6 amostras analisadas, 5 estavam dentro do padrão, sendo apenas 16,7% fora dos padrões.

Em **Posse do Meio**, na 1ª campanha das 8 amostras coletadas, 100% das amostras estavam contaminadas por coliformes totais e apenas 2 estavam dentro do padrão microbiológico para coliformes termotolerantes, sendo, portanto, que 75% estavam fora do padrão de potabilidade.

Na 2ª campanha, em Posse do Meio, 100% das amostras estavam contaminadas por coliformes totais e 50% das amostras estavam dentro do padrão de potabilidade quanto ao padrão microbiológico para coliformes termotolerantes.

Em **Conceição do Imbé**, na 1ª amostragem, das 9 amostras, 100% das amostras estavam contaminadas por coliformes totais e apenas 2 estavam dentro do padrão microbiológico estabelecido para coliformes termotolerantes, portanto, 77,8% estavam fora do padrão para coliformes termotolerantes.

Na 2ª campanha em Conceição do Imbé, 100% das amostras estavam fora do padrão para coliformes totais e para coliformes termotolerantes.

Em **Lagoa de Cima** e São Benedito, na 1ª campanha, 100% das amostras estavam contaminadas por coliformes totais.

Quanto aos coliformes termotolerantes, das 9 amostras, apenas 3 estavam dentro do padrão, 66,7% estavam fora do padrão microbiológico estabelecido.

Na 2ª campanha, em Lagoa de Cima e São Benedito, 100% das amostras estavam fora do padrão para coliformes totais. Quanto aos coliformes termotolerantes, das 7 amostras, 3 estavam dentro do padrão para coliformes termotolerantes (42,9%) e 57,1% estavam fora do padrão microbiológico.

Em **Campo Novo** e **Venda Nova**, na 1ª campanha, 100% das amostras estavam fora do padrão estabelecido para coliformes totais. Das 10 amostras analisadas, 4 estavam dentro do padrão microbiológico para coliformes termotolerantes (40%) , e os 60% restantes estavam fora do padrão microbiológico para coliformes termotolerantes.

Na 2ª campanha em Campo Novo e Venda Nova, quanto aos coliformes totais, 100% das amostras estavam fora do padrão. Em relação aos coliformes termotolerantes, 60% estavam dentro do padrão de qualidade para consumo humano e 40% fora do padrão.

Em **Baixa Grande**, na 1ª campanha, 100% das amostras analisadas estavam fora do padrão microbiológico para coliformes totais. Quanto aos coliformes termotolerantes, 60% das 10 amostras de água analisadas estavam dentro do padrão de qualidade e 40% estavam fora do padrão microbiológico para coliformes termotolerantes.

Na 2ª campanha em Baixa Grande, 100% das amostras analisadas estavam fora do padrão microbiológico para coliformes totais. Quanto aos coliformes termotolerantes, das 7 amostras analisadas, 4 estavam dentro do padrão (57,1%) e 42,9% estavam fora do padrão.

Em **Pernambuca** e **Ibitioca**, na 1ª campanha , 100% das 10 amostras estavam fora do padrão para coliformes totais; 70% das amostras de água estavam dentro do padrão microbiológico para coliformes termotolerantes e apenas 30% fora do padrão.

Na 2ª campanha (figura 15), novamente, 100% das amostras de água analisadas estavam fora do padrão microbiológico para coliformes totais. Quanto aos coliformes termotolerantes, das 9 amostras de água analisadas, 5 estavam dentro do padrão (55,6%) e 44,4% estava fora do padrão.

Em **Guriri**, na 1ª campanha, 100% das amostras analisadas estavam fora do padrão microbiológico para coliformes totais. Quanto aos coliformes termotolerantes, das 8 amostras de água analisadas, 2 estavam dentro do padrão (25%) e 75% estavam fora do padrão.

Na 2ª campanha, das amostras analisadas, 100% estavam fora do padrão microbiológico para coliformes totais. Quanto aos coliformes termotolerantes, das 5 amostras analisadas, apenas 1 estava dentro do padrão (20%), e 80% estavam fora do padrão microbiológico para coliformes termotolerantes.

A localidade de **Ponta da Lama** é abastecida por uma rede que capta água subterrânea de um único ponto e distribui para toda a localidade. Apesar disto, foi feita uma amostragem de água do poço que distribui água para a localidade, e outra amostragem, em outro ponto, numa residência, para fins de comparação.

A amostra número 1 se refere a amostra coletada em torneira, em um domicílio, e a amostra número 2 diz respeito à amostra retirada no local do poço que abastece a localidade.

Na 1ª campanha, a amostra domiciliar (número 1) estava fora do padrão microbiológico, tanto para coliformes totais, quanto para coliformes termotolerantes. Já a amostra número 2 (poço de distribuição) encontra-se fora do padrão microbiológico para coliformes totais, mas dentro do padrão microbiológico para coliformes termotolerantes, e de acordo com o parágrafo 9 do art. 11 da portaria 518 do MS, ela está aprovada para consumo humano, pois a portaria tolera a presença de coliformes totais em água de poço, desde que haja ausência de *Escherichia coli* e, ou, coliformes termotolerantes. Entretanto, exige que seja investigada a origem da ocorrência, e se tomem providências imediatas de caráter corretivo e preventivo e, posteriormente, seja realizada nova análise de coliformes.

Na 2ª campanha, a amostra domiciliar (amostra número 1) continuou fora dos padrões microbiológicos, tanto para coliformes totais, quanto para coliformes termotolerantes. Entretanto, a nova análise da água do poço que abastece a Ponta da Lama foi reprovada tanto pra coliformes totais, como para coliformes termotolerantes. As causas desta contaminação podem estar relacionadas à proximidade de um poço abandonado sem estar protegido, e à proximidade a fossa séptica, que é de apenas 8 metros.

As média e desvios padrão da localidade de Ponta da Lama foram desconsiderados aqui por se tratar apenas de 2 pontos, mas os resultados serão melhor compreendidos posteriormente ao se discutir as informações relativas à localidade Ponta da Lama.

De acordo com resultados obtidos nas análises para coliformes totais e coliformes termotolerantes, todas as localidades estudadas foram reprovadas, indicando contaminação microbiológica na água consumida e, conseqüentemente, grande risco de ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

4.3 Resultados por localidade

Neste estudo também foram aplicados questionários sócio-ambientais e epidemiológicos. Unindo os resultados das análises de água com estes questionários, foi possível realizar a seguinte análise por localidade.

4.3.1 Bariri

A localidade, situada no distrito de Travessão, se abastece unicamente de água subterrânea e faz uso de fossas. A água utilizada para consumo é do próprio poço, água mineral engarrafada ou ainda água de dois locais chamados “Buraco da Loura” e do posto de Travessão.

Na avaliação geral da água utilizada pela população, a maioria das amostras foi reprovada quanto ao pH, sendo considerada uma água ácida. Este fato pode ser devido à presença de fossas próximas aos poços, o que faz com que a água entre em contato com ácidos orgânicos provenientes do esgoto doméstico que se infiltram no lençol freático ou da água da chuva que já é ligeiramente ácida e também se infiltra no solo.

Quanto aos demais parâmetros físico-químicos, o ferro e manganês não mostraram ter influência na qualidade da água, visto que em sua maioria os resultados obtidos estavam dentro dos valores limites ou bem próximos a estes. Todas as amostras foram aprovadas para turbidez e para os VMPs de cloro total e cloro livre. Entretanto, há a necessidade de fluoretação da água para que atinja os teores mínimos recomendáveis e desinfecção da água

com cloro para que a água apresente teores mínimos de cloro livre residual além de combater possíveis microorganismos. A maioria das amostras estava contaminada por coliformes totais e grande parte por coliformes termotolerantes (um indicador de poluição fecal). Na primeira campanha, 75% dos domicílios tinham em suas casas uma distância mínima recomendada de 20 metros entre a fossa e o poço. Na segunda campanha, este percentual era menor: 33,7%. Entretanto, é bom observar que na localidade as casas eram bem próximas e sem padrão para a construção das fossas. Assim, algumas vezes a fossa do lote vizinho poderia estar mais próxima do poço que a fossa do próprio lote.

Quanto à água utilizada para beber, na primeira campanha 33,3% dos domicílios utilizavam água do próprio poço, sendo que deste percentual, 25% o fazia sem nenhum tratamento, 50% dos entrevistados compravam água mineral e 16,7% cloravam a água.

Foi coletada uma amostra da água do poço do posto de Travessão (RJ 224), que, segundo os moradores de Bariri, é utilizada como água potável pelos moradores da localidade. A água foi aprovada quanto à presença de ferro e manganês (com valores baixos em relação ao VMP), cloro, flúor e turbidez (zero NTU). Entretanto apresentou um pH baixo, de 4,33, e contaminada por coliformes totais (45,68 NMP) e termotolerantes (7,24 NMP). Como se pode notar, a água foi reprovada quanto aos parâmetros microbiológicos, o que significa que pode oferecer risco de transmissão de doenças de veiculação hídrica uma vez que se mostrou com indicações de contaminação por microorganismos de origem fecal.

Durante as amostragens, na 1ª campanha, 87,5% dos entrevistados relataram ter ocorrido na família algum tipo de doença que pode estar relacionada à água, como diarreia (87,5%), hepatite (12,5%), verminose (25%) e problemas de pele (25%). Na 2ª campanha, 83% dos entrevistados relataram algum tipo de doença de veiculação hídrica, como diarreia (50%), problemas de pele (66,7%) e verminose (16,7%). Não se sabe se este número pode ser maior, visto o receio de alguns moradores em declarar a ocorrência desse tipo de enfermidade. Além do mais, a localidade não conta com posto de saúde próprio, servindo-se do serviço público de saúde mais próximo, que é o Hospital de Travessão.

4.3.2 Travessão

A localidade de travessão utiliza apenas água subterrânea. Parte dos moradores utiliza água de poço do próprio domicílio. Em maio de 2009 (11/03/09), a prefeitura de Campos construiu uma estação elevatória e começou a distribuir água para moradores, que, segundo informações dos moradores locais, é de poço artesiano. A empresa que distribui a água é a EMHAB (Empresa Municipal de Habitação, Urbanização e Saneamento). Entretanto, em outras partes da localidade, notamos que o serviço prestado pela prefeitura é desconhecido e ainda não chegou lá, com pessoas utilizando água dos próprios poços e fossa em suas propriedades. Em alguns locais, há rede de coleta de esgoto. Entretanto, a estação de tratamento de esgoto (ETE) estava desativada por algum tempo, observando-se esgoto a céu aberto em alguns locais. O efluente gerado pela ETE é despejado em um pequeno lago próximo, onde as crianças costumam se banhar em momentos de lazer.

Neste trabalho, coletamos água dos poços domiciliares e do poço artesiano que distribui água para a população. Quanto à qualidade da água, todas as amostras apresentaram pH ácido, abaixo dos valores recomendados pela portaria 518/2004 MS. O ferro e o manganês não se constituíram em elementos que pudessem comprometer a qualidade da água; também não foram reprovados os resultados obtidos quanto ao teor de cloro total e cloro livre. O flúor apresentou resultados abaixo do teor mínimo recomendado, o que não influencia na qualidade. Todas as amostras foram aprovadas quanto ao parâmetro turbidez, com valores bem abaixo do VMP.

Quanto aos padrões microbiológicos, foi realizada apenas uma campanha de amostragem, onde 66,7% das amostras foram reprovadas quanto aos coliformes totais e 16,7% para coliformes termotolerantes. Nesta campanha, 33,3% dos domicílios entrevistados (onde foram coletadas amostras de água) possuíam fossa, sendo que em metade destes domicílios entrevistados, a distância entre a fossa e o poço era inferior à distância mínima recomendada. Estes baixos percentuais podem justificar os baixos percentuais de contaminação coliformes termotolerantes, embora estes não sejam indicadores tão fortes, podendo dar “falsos negativos” de contaminação fecal por apresentarem baixa resistência e tempo de vida curto quando comparados aos patógenos. Entretanto, na campanha anterior, na qual não foram analisados os parâmetros microbiológicos, todos os domicílios utilizavam fossas e 78% possuíam distância entre o poço e a fossa abaixo da recomendada, o que pode oferecer risco de contaminação do lençol freático e da água consumida, já que 33,3% dos

domicílios utilizavam a água para consumo sem nenhum tratamento, e 44,4% dos entrevistados relataram algum tipo de enfermidade que pode estar relacionada à água, como diarreia (11,1%), verminose (33,3%) e problemas de pele (11,1%).

Na 2ª campanha, 80% dos moradores compravam água mineral para beber e 20% utilizavam a água do poço sem nenhum tratamento. Em 60% dos domicílios entrevistados, foram relatados em sua família algum tipo de enfermidade relacionada à água, como problemas de pele (33%) e diarreia (40%).

O resultado das análises da água do poço da EMHAB foi positivo. Os únicos parâmetros que estavam fora dos padrões foram o pH, que se apresentou com baixo valor (3,99), semelhante ao restante da localidade, e coliformes totais (2,02 NMP). Entretanto, este, além de estar em valor bem próximo de zero, não reprova a água por qualidade microbiológica, uma vez que a portaria 518 aceita coliformes totais na ausência de coliformes termotolerantes. Sendo assim, a água não constitui risco à saúde, porém é recomendável a cloração e a fluoretação, já que estes estão abaixo dos valores recomendados.

A localidade possui uma unidade de saúde que é o Hospital de Travessão. No dia 23/09/09 fizemos uma pesquisa neste hospital para buscar informações sobre casos de doenças de veiculação hídrica na localidade. Foi realizada entrevista com a agente administrativa do Hospital Maria Graziela de Amorim Gomes, que nos forneceu alguns dados sobre os atendimentos nos postos: A média mensal é de 18.000 pacientes, atendendo não apenas Travessão, mas também a outras localidades tais como Conselheiro Josino, Morro do Coco, Ribeiro do Amaro, Guandu, Vila Nova, Canaã, Km 8, Km 10, Km 13, Km 14, Santa Ana, Caxeta, Campelo, Balança Rangel, Floresta, São Diogo, Murundum, Divisa, São Francisco, Fazenda Colégio, Caxias, Parque Guarus e Ururá. Segundo a agente administrativa, as principais doenças de veiculação hídrica são desinteria amebiana, gastroenterite, verminose, giardíase, alguns casos de hepatite infecciosa e muitos casos de escabiose.

Ainda foi realizada uma entrevista com a médica pediatra Raquel Montesano, que nos passou uma estimativa sobre os casos de saúde atendidos. Segundo a médica, o número de casos de doenças que podem estar ligadas à água e esgoto é muito alto. O número é superior a 80% tanto para verminoses ou parasitoses intestinais como para problemas de pele. São muitos os casos de pitiríase alba e escabiose, superior a 80-90%. Para a médica, o número de casos é preocupante.

Mathias [2009] pesquisou o distrito de Travessão, na comunidade do Bairro Arraial (comunidade de baixa renda), coletando dados sobre a percepção de conceitos sobre a

contaminação de recursos hídricos subterrâneos visando à conscientização ambiental. Chegaram à conclusão de que há falta de informação quanto à prevenção da poluição ambiental, em relação ao tratamento correto da água potável. Quanto à percepção em relação ao lençol freático, a maioria dos entrevistados mostrou saber que a água serve como veículo para diversas doenças e de que fontes de poluição como o lixo, o esgoto, o cemitério, também podem contribuir para a contaminação do lençol freático, mas que esta percepção não se traduz em ações pela comunidade, pois não se observou uma correlação entre o conhecimento e sua aplicação no cotidiano como fator de prevenção de doenças, ou seja, a capacidade de se observar e relacionar causas e conseqüências, utilizando o conhecimento para a resolução dos problemas vivenciados.

4.3.3 Posse do Meio

Posse do Meio é uma localidade isolada, bem pequena, do distrito de Santa Maria. Apresenta na chegada calçamento com paralelepípedos, mas o restante das ruas é de terra, sem revestimento.

A maioria da população utiliza água de poço. O restante usa água de nascente de morro. Estes por sua vez reclamaram do aspecto turvo da água em épocas de chuva, o que é explicado pelo aporte de material particulado carregado do solo para a água em dias chuvosos. Na Escola Municipal de Posse do Meio, 48 pessoas, entre funcionários e alunos, consumiam desta água de nascente, enfrentava problemas de turbidez da água durante os períodos de chuva.

Em Posse do Meio, a maioria das amostras analisadas estava dentro dos padrões para o parâmetro pH, sendo que foram observadas apenas 25% e 12,5% reprovadas na 1ª e 2ª campanha, respectivamente. O ferro e o manganês não foram considerados parâmetros significantes que pudessem atrapalhar a qualidade da água em função dos resultados obtidos, apresentando-se, portanto, abaixo do VMP. A turbidez estava dentro dos padrões nas duas campanhas nas datas amostradas. Entretanto, como já foi dito, em épocas de chuva, a turbidez se eleva a valores maiores que o permitido na água de nascente. Cloro e flúor estiveram abaixo dos VMPs, entretanto com teores abaixo da concentração mínima recomendada.

Quanto à contaminação microbiológica, todas as amostras foram reprovadas quanto ao padrão de coliformes totais, algumas com elevadas concentrações. Quanto aos coliformes

termotolerantes, muitas amostras foram reprovadas, sendo obtidos 75 e 50% na 1ª e 2ª campanha, respectivamente.

A água consumida na Escola Municipal de Posse do Meio apresentou-se reprovada por manganês (0,568 mg/L) e por coliformes termotolerantes (686,67 NMP) na 1ª campanha. Já na 2ª campanha, todos os parâmetros estavam dentro dos padrões. Esta diferença pode estar relacionada à pluviometria, já que as amostras foram coletadas em épocas diferentes (19/03/09 e 18/06/09).

Na 1ª campanha de amostragem, 50% dos domicílios utilizavam fossa, sendo que 12% dos domicílios apresentavam fossa com distância do poço inferior à recomendada. Os 50% dos domicílios que não possuíam fossa lançavam seu esgoto em terreno, às vezes próximos de um córrego, desconhecendo, portanto o risco de contaminação.

Na 2ª campanha, 87,5% dos domicílios amostrados utilizam fossa, sendo que 12,5% dos domicílios entrevistados apresentavam uma distância entre a fossa e o poço abaixo do padrão recomendado. Os 12,5% que não utilizam fossa lançam seu esgoto em terrenos próximos.

Tanto na 1ª quanto na 2ª campanha, 87,5% dos moradores consomem água sem nenhum tratamento e os 12,5% restantes filtram a água (Escola Municipal de Posse do Meio).

Na 1ª campanha, 37,5% dos entrevistados relataram algum tipo de doença de veiculação hídrica na família, como diarreia/verminose (12,5%) e alergia (12,5%). Na 2ª campanha, 12,5% dos entrevistados relataram verminose/diarreia e problemas de pele (12,5%).

A localidade não possui unidade de saúde para atendimento médico, tendo que utilizar o da localidade mais próxima.

4.3.4 Conceição do Imbé

Conceição do Imbé é uma localidade pequena, com casas esparsadas, e não possui calçamento. A população também não tem rede de distribuição de água oferecida pelo município. Os moradores captam água de poço, nascente e de cachoeira, que, segundo moradores do local, lidam com diversos tipos de poluição ao longo de seu percurso, sendo que existem suspeitas que suas águas provocam problemas de pele, como prurido (coceira)

nas pessoas. A água utilizada apresenta aspecto turvo e, apesar de nem todos beberem, é utilizada para banho e demais serviços de limpeza por alguns moradores da localidade.

A localidade não possui rede coletora de esgoto municipal. Utilizam fossa ou jogam esgoto no terreno próximo ou diretamente no curso d'água. Em todos os domicílios que possuíam fossa, respeitava-se entre o poço e a fossa a distância mínima recomendada.

A maioria das pessoas consumia a água sem nenhum tratamento, sendo que foram encontrados percentuais de 80% dos domicílios na 1ª campanha e 75% na 2ª. O restante apenas filtrava a água.

Quanto às análises de água realizadas, a maioria esteve dentro dos padrões de pH, poucas amostras estiveram mais ácidas. A localidade não mostrou tendência a possuir águas ferruginosas e o manganês se manteve totalmente dentro dos padrões. O cloro e o flúor estavam dentro do VMP pela portaria 518/2004 MS, entretanto ambos abaixo dos teores mínimos recomendados pela literatura. Quanto à turbidez, variou de acordo com a fonte utilizada. Na 1ª campanha, 70% das amostras estavam reprovadas. Já na 2ª, todas estavam dentro dos padrões. Esta diferença pode estar relacionada aos diferentes tipos de fontes amostrados na 1ª e 2ª campanha, e também em função da época amostrada, que pode ter sofrido influência da pluviosidade, que tende a aumentar a turbidez nas águas superficiais no período chuvoso (durante a 1ª campanha). De uma forma geral, a água subterrânea apresentou-se dentro dos padrões de turbidez.

A localidade possui a Creche Escola Conceição do Imbé e a Escola Municipal de Conceição do Imbé das quais foram coletadas amostras no dia 02/04/09, já que o número de pessoas que consome esta água é grande (60 pessoas na creche e 58 na escola) e a consomem sem tratamento. Também foi coletada amostra de água de uma nascente, da qual muitos moradores pegam água para beber por a considerarem potável.

A água da Escola Municipal de Conceição do Imbé foi reprovada por turbidez (11,78 NTU), coliformes totais (516 NMP) e coliformes termotolerantes (128,08 NMP), não sendo recomendada para consumo humano.

A água da Creche Escola excedeu minimamente o padrão de turbidez (5,34 NTU) e esteve abaixo da faixa de pH ideal, embora a fonte subterrânea possa se apresentar naturalmente ácida devido às características geoquímicas do solo. Foi reprovada para coliformes totais (21,09 NMP), com valores baixos, entretanto foi aprovada para coliformes termotolerantes (zero), sendo, portanto, considerada aprovada microbiologicamente pela portaria 518/2004 MS. Portanto, a água está apta para consumo.

O resultado mais espantoso foi da água da nascente, considerada de boa qualidade pela população e ingerida por muitos moradores. A água foi reprovada por ferro (0,48 mg/L) e a turbidez apresentou valor de 44,17 NTU, um valor muito alto para uma água considerada potável. Quanto aos parâmetros microbiológicos, estes apresentaram grande quantidade de coliformes totais e termotolerantes (1011,16 e 613,14 NMP, respectivamente). Portanto, a água não se enquadrava dentro dos padrões para o qual ela é utilizada, sendo assim, imprópria para consumo humano.

Na 1ª campanha, 60% dos entrevistados relataram algum tipo de doença de veiculação hídrica: diarreia (40%), verminose (40%), problemas de pele (30%). Na 2ª campanha, este percentual atingiu 65% dos entrevistados, que relataram a ocorrência de diarreia (37,5%), problemas de pele (37,5%) e verminose (25%).

A localidade possui uma unidade de saúde que é a UMS Conceição do Imbé. No dia 03/09/09 fizemos uma pesquisa neste posto para saber a proporção de casos de doenças relacionadas à água. Foi realizada entrevista com a encarregada pelo posto, Édna Gomes da Rocha. Segundo ela, as principais ocorrências de doenças são desintéria amebiana, gastroenterites, verminoses (helmintos), escabiose, giardíase e um caso de hepatite infecciosa do tipo A. Do total de pacientes atendidos, ocorre cerca de 30% de micoses que provavelmente estão ligadas à deficiência de saneamento, 80% de diarreias, gastroenterites e verminoses. Ainda relata que estas ocorrências são provavelmente devido à água contaminada e esgoto. O posto de saúde atende em média 350 a 370 pacientes por mês, tendo médico clínico geral e pediatra. O posto também atende a outras localidades próximas, como Aleluia, Batatão, Pineão e Mocotó.

4.3.5 Lagoa de Cima e São Benedito

São duas pequenas localidades que estão bem próximas, praticamente interligadas, por isso de forma genérica, vamos chamar de Lagoa de Cima. Os moradores locais utilizam basicamente água de poço e sistema de fossa. Em épocas de cheias, sofrem com o transbordamento da lagoa (Lagoa de Cima), o que atinge as casas de muitos moradores e contaminam muitos poços.

Na pesquisa de campo, foi observado que, na 1ª campanha, em 33,3% dos domicílios a fossa não respeitava a distância mínima recomendada do poço. Na 2ª campanha, esse percentual era de 42,9%.

Quanto à qualidade da água, os parâmetros que mais chamaram atenção foram manganês e coliformes. Boa parte das amostras foi reprovada por manganês, alguns pontos apresentaram níveis bastante elevados (1,3 e 1,2 mg/L) se comparados ao recomendado. Todas as amostras foram reprovadas por coliformes totais variando bastante a concentração destes (desde unidades até a concentração limite de detecção). Grande parte foi reprovada por coliformes termotolerantes, principalmente na 1ª amostragem, quando as concentrações de coliformes estiveram maiores, provavelmente por se tratar de um período onde a pluviosidade foi maior.

Foi feita também a amostragem da água consumida na Unidade Básica de Saúde (posto) que fica ao lado do cemitério, a água utilizada pela Escola Municipal Ponta da Palha (localizada em Lagoa de Cima) e a água de uma nascente que também abastece a escola e que é consumida por grande parte dos moradores de Lagoa de Cima, por ser considerada pelos mesmos uma água de boa qualidade.

A água do posto de saúde foi reprovada por coliformes totais e termotolerantes, mas em baixas concentrações; a água da escola foi reprovada por turbidez (6,68 NTU) e coliformes totais e termotolerantes com valores elevados. A água da nascente foi reprovada tanto por coliformes totais quanto termotolerantes. O NMP de coliformes totais atingiu o valor máximo detectável. Os coliformes termotolerantes tiveram níveis baixos (poucas unidades). Como se pode observar, a água que é consumida, sem nenhum tratamento, pelos alunos da escola não pode ser considerada potável, assim como a do posto de saúde e a da nascente que é utilizada pela população.

Quanto à forma com que a água é consumida, foi observado na 1ª campanha que em 44,4% dos domicílios usa-se água mineral engarrafada para consumo e em 55,6% consome-se água sem nenhum tratamento. Na 2ª campanha, apenas 14,3% compravam água mineral; 42,8% consumiam a água sem nenhum tratamento, 28,6% filtram a água pra beber e 14,3% cloram a água.

Na 1ª campanha, nenhum dos moradores entrevistados relatou casos de enfermidades relacionadas à água. Já na 2ª campanha, 28,6% dos entrevistados relataram doenças que podem estar relacionadas à água, sendo que um percentual de 14,3% relataram verminose e escabiose e 14,3% diarreia.

A localidade possui uma unidade de saúde, a UMS Coletor Machado (posto de Lagoa de Cima). No dia 23/09/09, fizemos uma pesquisa neste posto para saber a proporção de casos de doenças relacionadas à água. Na oportunidade, foi realizada entrevista com o médico clínico geral da UMS, Dr. Leonardo Teixeira Rodrigues. Segundo ele informou, dos atendimentos realizados, cerca de 10% das doenças diagnosticadas são gastroenterite e verminoses (verminose sendo considerada como qualquer parasitose intestinal) e 2% escabiose. Foi relatada a ocorrência de desintéria amebiana, gastroenterite, verminoses, escabiose e giardíase.

O posto atende cerca de 500 pessoas por mês, tem fisioterapeuta, clínico geral, pediatra, ginecologista e dentista. Além de Lagoa de Cima e São Benedito, o posto também atende moradores de outras localidades como Morro Grande, Conceição da Barra, Cajueiro, Alegre, Penha, Flamenguinho, Deserto, Lagoinha, Conceição do Imbé, Aleluia, Batatal e São Julião.

4.3.6 Campo Novo e Venda Nova

As localidades se abastecem principalmente por água subterrânea (poços freáticos), e em alguns casos, água de caminhão pipa. São localidades bastante povoadas.

Na 1ª campanha, 80% dos entrevistados utilizavam água de poço e em todos estes domicílios a distância entre a fossa e o poço estava menor que a mínima recomendada. Na 2ª campanha, todos os domicílios pesquisados utilizavam água de poço e em 90% dos domicílios a distância entre o poço e a fossa era inferior à recomendada.

Quanto à qualidade da água, os parâmetros que chamaram a atenção foram o ferro, manganês e coliformes. A maioria das amostras foi reprovada por ferro, com valores elevados. Os moradores se queixaram da ferrugem deixada pela água devido à oxidação do ferro em contato com o ar. O manganês também esteve reprovado na maioria das amostras. Todas as amostras foram reprovadas por coliformes totais e metade das amostras reprovada por coliformes termotolerantes. Cordeiro (2008) em pesquisa nas mesmas localidades encontrou 64% de amostras reprovadas por Ferro, 57% por manganês, 92% por coliformes totais e 23% por coliformes termotolerantes, o que confirma os resultados obtidos.

Quanto à água consumida, na 1ª campanha 20% das pessoas utilizavam água de caminhão pipa, 70% compravam água mineral para beber e 10% bebiam água filtrada do

próprio poço. Na 2ª campanha, 70% consumiam água mineral engarrafada, 10% clorada, 10% filtrada, e 10% de caminhão pipa.

Na 1ª campanha, 40% dos entrevistados relataram ocorrência de doenças que podem estar relacionadas à água, como verminose (20%), diarreia (10%) e problemas de pele (10%). Na 2ª campanha, o percentual de pessoas que declararam ocorrência de doenças que pode estar relacionada à água permaneceu em 40%, sendo que deste total 20% declararam verminose, 20% diarreia e 20% problemas de pele. Cordeiro (2008) encontrou um percentual de 44,7% de famílias que tiveram, no último ano, algum tipo de doença relacionada à qualidade da água. Segundo ele, comparando-se os dados fornecidos pela Diretoria de Epidemiologia da Secretaria Municipal de Saúde de Campos com os dados verificados em campo, comprovou-se que os dados oficiais não representam a real gravidade da saúde na localidade, devido à maioria da população não notificar aos serviços de saúde pública tais doenças.

As localidades possuem uma unidade de Saúde, a UBS Venda Nova. No dia 19/08/09, fizemos uma pesquisa neste posto para saber a proporção de casos de doenças relacionadas à água. Foi realizada entrevista com o médico pediatra da UBS, Dr. Álvaro Luiz Ribeiro Arantes, que, devido à sua longa experiência trabalhando na localidade, nos deu uma estimativa geral dos principais casos atendidos no posto. Cerca de 50% são casos de infecção respiratória, e os 50% restantes estão divididos em 25% de gastroenterites agudas e 25% de verminoses. Ele ainda relatou que do total, ainda se sobrepõe 25% de casos de pereba e escabiose e 25% de piодermite que, segundo o médico, podem ser originados do contato com água contaminada, solo ou animais. Também foi relatado caso de leptospirose.

No posto de saúde, não conseguimos os dados do total de pacientes atendidos. Além de Campo Novo e Venda Nova, o posto atende também moradores de outras localidades como Barcelos, Palacete e Vila Abreu.

4.3.7 Baixa Grande

Baixa Grande é um distrito bastante povoado de Campos dos Goytacazes. Uma parte de Baixa Grande recebe água encanada em casa pela rede pública, e a outra parte não (mais próxima a Mussurepe), utilizando, neste último caso, água de poço freático construído nas propriedades. Segundo morador (Eduardo da Silva Freitas), a água foi uma iniciativa da

prefeitura, mas a Concessionária Águas do Paraíba não deu continuidade às obras de encanamento, que parou na RJ 156 próximo, à Oficina do Bebel.

A água da localidade é abastecida pela Concessionária Águas do Paraíba. Esta água é de poço artesiano localizado em Boa Vista. Segundo morador (Eduardo da Silva Freitas), a localidade possui um poço artesiano com profundidade superior a 300 metros (± 350 m), porém desativado. Também houve relato de morador (na BR) que não recebe água tratada em casa porque não podia pagar, o que levanta um questionamento: será que moradores de comunidades carentes estariam dispostos a pagar para receber água tratada em casa pela rede pública?

O trecho pesquisado foi o que não recebia água encanada pela rede pública, mas que utilizava água de poço freático. No trecho pesquisado, a distância entre a fossa e o poço em 50% dos domicílios foi inferior à distância mínima recomendada durante a pesquisa na 1ª campanha. Em 30% dos domicílios a distância mínima foi respeitada, e em 20% não foi possível obter este dado. Já na 2ª campanha, em 90% dos domicílios esta distância não foi respeitada.

Em relação à qualidade da água, todas as amostras foram aprovadas por pH, flúor (VMP) e cloro (VMP). Poucas amostras foram reprovadas por turbidez, o que pode estar relacionado à concentração de ferro e/ou manganês. Embora a quantidade de amostras reprovadas por ferro não ter sido significativa (20% na 1ª campanha e 14,3% na 2ª), nas amostras reprovadas foram encontrados valores altíssimos (2,59; 10,6 e 12,3 mg/L em contraste com o VMP padrão de 0,3mg/L). A quantidade de reprovação por manganês foi importante (70% na 1ª campanha e 57,1% na 2ª), com a ocorrência de amostra apresentando concentração de 3,04 mg/L.

Quanto aos padrões microbiológicos, houve 100% de reprovação por coliformes totais. 41,2% das amostras foram reprovadas por coliformes termotolerantes.

Quanto à água consumida, na 1ª campanha, em 90% dos domicílios pesquisados se consumia água mineral engarrafada e apenas 10% consumia a água subterrânea sem nenhum tratamento. Na 2ª campanha, 57,2% consumiam água mineral e 42,8% consumiam a água filtrada.

Na 1ª campanha, 50% dos entrevistados relataram algum tipo de doença possivelmente de veiculação hídrica: 30% relataram verminose e diarreia, e 20% dengue. Na 2ª campanha, 57,2% dos entrevistados declararam a ocorrência de casos de enfermidades que podem estar relacionadas à água, sendo verminose (28,6%), diarreia (28,6%) e problemas de pele (28,6%).

A localidade possui uma unidade de Saúde, o Posto de Baixa Grande. No dia 20/08/09, foi realizada uma pesquisa neste posto para saber a proporção de casos de doenças relacionadas à água. Foi realizada entrevista com o administrador do posto de saúde, Emersom da Fonseca de Barros, mas não foi possível fazer nenhuma estimativa. O posto tem uma média mensal de 36.578 pacientes, mas, de acordo com o administrador, a ocorrência do tipo de doença mencionado não é expressiva. Possivelmente, podemos correlacionar ao fato de grande parte de Baixa Grande receber água tratada em casa. Mas, segundo ele, casos de gastroenterites, verminoses, escabiose e giardíase já ocorreram.

O posto atende também moradores de outras localidades, como Santo Amaro, Mussurepe, e São João da Barra.

4.3.8 Ibitioca e Pernambuco

Ibitioca e Pernambuco são localidades que se abastecem unicamente de água de poços freáticos e usam fossa.

Na pesquisa, a distância entre a fossa e o poço em 40% dos domicílios estavam abaixo da distância mínima recomendada na 1ª campanha. Na 2ª campanha, este percentual era de apenas 11,1%.

Em relação à qualidade da água, uma quantidade considerável de amostras foram reprovadas por pH (68%). Todas as amostras foram aprovadas por ferro. Apenas 15,8% das amostras foram reprovadas por manganês, com valores bem próximos ao limiar. Todas as amostras foram reprovadas por coliformes termotolerantes e 37% das amostras foram reprovadas por coliformes termotolerantes.

Quanto à água consumida, na 1ª campanha, em 40% dos domicílios se utilizam água mineral pra beber, em 40% se consome a água do poço sem nenhum tratamento, e em 20% bebe-se a água do poço filtrada. Na 2ª campanha, em 44% dos domicílios pesquisados se consome a água do poço sem nenhum tratamento, em 22,2% se ferve a água para beber, em 11,1% se clora a água, em 11,1% a água é filtrada e em 11% se compra água mineral engarrafada.

Na 1ª campanha, 70% dos entrevistados relataram casos de enfermidades que podem estar relacionadas à água, como diarreia (50%), verminose (40%) e problemas de pele (20%).

Na 2ª campanha, 66,7% dos entrevistados relataram casos de enfermidades que podem estar relacionadas à água, como verminose (33,3%), diarreia (33,3%) e problemas de pele (33,3%).

A localidade possui uma Unidade de Saúde, o Posto de Ibitioca. No dia 23/09/09, fizemos uma pesquisa neste posto para saber a proporção de casos de doenças relacionadas à água. Foi realizada entrevista com a encarregada pelo posto de saúde, Maria Eliete Terra Chagas e o enfermeiro do posto, Marlon Simões Boechat. A média de pacientes atendidas é em torno de 500 por mês. Segundo eles, o índice de doenças possivelmente transmitidas pela água é baixo. Mas foram relatados casos de desintéria amebiana, gastroenterite, verminoses (helmintos), escabiose, giardíase, salmonelose.

O posto de saúde tem médico nas seguintes especialidades: clínico geral e pediatra. Além de Ibitioca, o posto atende também moradores de outras localidades como Planície, Ponta da Lama, Pernambuco, Caxeta, Pedra Negra, Serrinha.

4.3.9 Guriri

Guriri é um localidade do distrito Dores de Macabu, o 11º distrito de Campos dos Goytacazes. É pequena, humilde, com poucas casas. Estas se abastecem exclusivamente de água de poço e usam fossa.

Durante a pesquisa, foi observado que a distância entre a fossa e o poço em 62,5% dos domicílios estava abaixo da distância mínima recomendada na 1ª campanha. Na 2ª campanha, este percentual era de apenas 40%.

Em relação à qualidade da água utilizada, 94% das amostras foram reprovadas por pH, 66% por turbidez, 38,5% por manganês, mas com teores não muito acima do VMP. Todas as amostras foram reprovadas por coliformes totais e 77,5% por coliformes termotolerantes.

Quanto à água consumida, na 1ª campanha, em 50% dos domicílios a água é consumida sem nenhum tratamento, em 25% se compra água mineral engarrafada, em 12% a água é filtrada e em 12,5% é clorada. Na 2ª campanha, em 60% dos domicílios a água é consumida sem nenhum tratamento e em 40% ela é filtrada antes.

Na 1ª campanha, 62,5% dos entrevistados relataram casos de enfermidades que podem estar relacionadas à água, como verminose (37,5%), diarreia (25%) e problemas de pele (12,5%). Na 2ª campanha, 80% dos entrevistados relataram casos de enfermidades que podem estar relacionadas à água, como verminose (60%) e diarreia (20%).

A localidade não possui uma unidade de saúde, mas utiliza o posto de saúde de Ponta da Lama.

4.3.10 Ponta da Lama

Em ponta da Lama é uma localidade próxima à Guriri, mas que é abastecida por uma rede que capta água subterrânea de um único poço e distribui para a localidade. A localidade também utiliza fossa para destino do esgoto doméstico.

Foram feitas apenas duas amostragens, uma para analisar a qualidade da água do poço que é distribuída à população, e outra domiciliar para efeito de verificação de mudança na qualidade durante a distribuição.

Quanto à qualidade físico-química da água do poço, esta foi reprovada por pH e manganês. É interessante observar que as análises de manganês das amostras do domicílio estavam bem abaixo do VMP, mostrando um decaimento na concentração deste elemento do poço até chegar ao domicílio. Na primeira campanha, a amostra do domicílio foi reprovada por turbidez, enquanto a amostra do poço estava dentro dos padrões.

Quanto aos parâmetros microbiológicos, as amostras do domicílio tanto na 1ª quanto na 2ª campanha estiveram reprovadas tanto por coliformes totais quanto termotolerantes. Já a amostra do poço, foi reprovada para coliformes totais nas duas campanhas, sendo que na 1ª ela foi aprovada para coliformes termotolerantes, o que, segundo a portaria 518/2004, pode ser considerada aprovada microbiologicamente. Já na 2ª campanha, foi reprovada por apresentar coliformes termotolerantes (1 NMP).

Foi observado próximo ao poço, a uma distância de 8 metros, uma fossa, e, a menos de 20 metros, outro poço abandonado e mal tampado.

Como foi possível observar, houve uma variação da qualidade microbiológica, representada pelos coliformes termotolerantes, que são indicadores de contaminação fecal que pode provocar doenças.

Também houve mudança de qualidade da água durante o percurso desta até o domicílio, indicando possíveis agentes interferentes, como infiltrações nos encanamentos e/ou falta de limpeza na caixa d'água.

No dia 23/09/09, realizou-se uma pesquisa no posto de saúde de Ponta da Lama para saber a proporção de casos de doenças relacionadas à água. O posto atende as localidades de Ponta da Lama, Guriri e Veiga, e tem uma média de 550 pacientes por mês.

Segundo entrevista com a enfermeira chefe do posto de saúde, Marcela Dias Carvalho, as verminoses, doenças diarreicas e problemas de pele podem estar ligadas à contaminação da água pelo esgoto. Do total atendido, ela estima que 10% sejam verminose, 30-40%, problemas de pele e o restante (cerca de 50-60%) seja de infecções respiratórias

De acordo com a enfermeira, casos de desintéria amebiana, gastroenterite, verminose, escabiose e giaríase possivelmente já ocorreram, não diagnosticados exatamente, mas de forma generalizada.

5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES

Apesar de a água não ser igualmente bem distribuída no tempo e no espaço, o Município de Campos dos Goytacazes, localizado na Região Norte Fluminense, é rico em recursos hídricos, tanto superficiais quanto subterrâneos. Entretanto, estes recursos hídricos vêm sofrendo comprometimento em sua qualidade.

Neste trabalho, avaliou-se a qualidade da água consumida pelos moradores dos distritos de Campos dos Goytacazes que não recebiam água encanada em suas casas.

Na revisão bibliográfica, tivemos um breve olhar sobre os recursos hídricos no Brasil e no mundo sobre a água subterrânea e uma descrição dos recursos hídricos em Campos dos Goytacazes. Este foi considerado muito bem servido, com grande potencial hidrológico para poços freáticos, artesianos, além dos próprios mananciais superficiais.

Os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas nas localidades estudadas apresentaram os seguintes resultados:

- Com exceção de Baixa Grande e Ponta da Lama, as demais localidades apresentaram problemas de acidez na água consumida, sendo, portanto necessária uma atenção especial a este parâmetro na implementação de um sistema de tratamento de água nestas localidades;
- Destacadamente as localidades de Campo Novo/Venda Nova e Baixa Grande foram as que apresentaram concentrações de ferro acima do VMP nas duas campanhas, exigindo, portanto atenção especial no que se refere a este parâmetro;
- As localidades de Bariri, Lagoa de Cima, Campo Novo/Venda Nova, Baixa Grande e Ponta da Lama apresentaram valores acima do VMP para o parâmetro manganês. A presença deste elemento está quase sempre associada com a do ferro, indicando, portanto que a formação geológica nestas localidades é determinante na ocorrência destes elementos;
- Os valores de cloro total e cloro livre encontrados ficaram praticamente todos abaixo do VMP recomendado pela portaria 518/2004 MS. Este resultado é um indicador que preventivamente não se tem utilizado o cloro como agente para desinfecção dos microorganismos presentes na água consumida, conforme recomendação dos organismos de saúde;

- As análises de flúor indicam a necessidade de incorporação dessa substância em caso da implementação de tratamento de água nas localidades estudadas;
- Com relação à turbidez, em todas as localidades estudadas, este parâmetro apresentou nas análises valores superiores ao VMP conforme Portaria N° 518 do MS, devendo, portanto, também receber atenção especial em caso de tratamento de água; e
- De acordo com resultados obtidos nas análises para coliformes totais e coliformes termotolerantes, todas as localidades estudadas foram reprovadas, indicando contaminação microbiológica na água consumida e, conseqüentemente, grande risco de ocorrência de doenças de veiculação hídrica.

Devido ao maior custo para a distribuição de água para fora dos centros urbanos, além do crescimento desordenado, muitos moradores não recebem água encanada em suas casas. Sendo assim, a grande maioria se utiliza de poços freáticos para o auto-abastecimento. Pesquisas anteriores, no Município de Campos dos Goytacazes, já indicavam a contaminação da água subterrânea por coliformes totais e termotolerantes oriundos de esgoto doméstico. Este trabalho foi elaborado a fim de verificar, nas demais comunidades, se a ocorrência de contaminação de lençol freático se deve ao uso e proximidade de fossas e/ou sumidouros e a ocorrência de doenças/enfermidades que podem estar relacionados à qualidade da água.

Como já constatado por Cordeiro (2008), nem todos os casos de enfermidades que podem estar relacionados à água são notificados nos serviços de saúde públicos.

Foi verificado, em todas as localidades, o uso de fossas e/ou sumidouros para destino do esgoto doméstico. Algumas vezes, o esgoto era jogado em áreas abertas de pastagem ou próximos a córregos. Além disso, foi verificado que a proximidade de fossas junto aos poços ou em áreas mais altas tem levado à contaminação por coliformes termotolerantes. A população não toma as devidas providências para a proteção de seus recursos hídricos subterrâneos devido à falta de conhecimento. Sendo assim, constroem suas fossas sem o conhecimento dos locais adequados, sem os devidos critérios técnicos.

Em decorrência disto, as pessoas sofrem com enfermidades que possivelmente estão relacionadas à má qualidade da água, principalmente diarreia e verminose. A maioria das localidades sofre bastante com estas enfermidades e nem sempre isto é refletido nas estatísticas dos serviços públicos. Muitos desses moradores são pessoas de baixa renda que, devido à falta de conhecimento ou de renda, consomem a água sem nenhum tratamento.

A partir dos resultados obtidos e do grande potencial hídrico existente na região, recomendamos que o poder público viabilize a distribuição de água tratada para as comunidades afastadas a partir do próprio potencial das localidades. Cordeiro (2008) desenvolveu mini-estações de tratamento convencionais que podem atender perfeitamente as pequenas localidades, com baixo custo de instalação e operação.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABICALIL, M. T. **Atual situação dos Serviços de Água e Esgotos no Brasil. In O Estado das Águas no Brasil, 2001-2002.** Edição Comemorativa do Dia Mundial da Água. Brasília: ANA/ MMA: 2003.

ALVES, M. G.; RAMOS, I. S.; CORIDOLA, R. **Metodologia DRASTIC na análise da vulnerabilidade dos aquíferos livres de Campos dos Goytacazes.** In : XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, Anais : INPE, p. 3433-3438.

AMARAL, L. A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. **Água para consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais.** São Paulo: Rev Saúde Pública; v.37,n. 4, p.510-4, 2003.

AMERICAN ACADEMY OF FAMILY PHYSICIANS (AAFP). **Fluoridation of Public Water Supplies.** 2010.

Disponível em: <<http://www.aafp.org/online/en/home/clinical/clinicalrecs/fluoridation.html>>

Data de Acesso: 28 de fevereiro de 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Regiões Hidrográficas do Brasil. Caracterização geral e aspectos prioritários.** Brasília, 2002a.

_____. **The Evolutions of Resources Management in Brazil.** Brasilia: 2002b.

_____. **Evolução dos aspectos legais, institucionais e técnicos.** [2002-2004].

Disponível em:

<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/3EvolucaoLegal4_04_03.pdf>

Data de acesso: 02/10/2009

_____. **4. Panorama Nacional dos Recursos Hídricos.** 2006a.

Disponível em :

<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/4PanoramaNacional04_04_03.pdf>

Data de acesso: 29/11/2008

_____. **5. Panorama dos Recursos hídricos por Regiões Hidrográficas.** 2006b.

Disponível em:

<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/5PanoramaporRH4_04_03.pdf>

Data de acesso: 29/11/2008>

_____. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2009.**

Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/>>

Data de acesso: 11/11/2009

ARAÚJO, P. P.; PONTE, M. X.; SOUZA, A. N. **Potencial hidrogeológico e a questão da água no abastecimento público, Xinguara/ PA.** In: *XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. Cuiabá – MT, 2004.

AZEVEDO, F.A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia.** São Carlos: Rima, 2003 –São Paulo: Intertox,2003. 340p.

AZEVEDO NETO, J. A.; GESULDI JUNIOR, A.; PEREIRA, J. M. S.; DE OLIVEIRA, V. P. S.; RIBEIRO, R. F. M.; CARVALHO, F. **Escassez das chuvas e o seu impacto econômico sobre o setor produtivo açucareiro.** Boletim do Observatório Ambiental Alberto Lamago. v. 1, n.2 .jan./jun. 2007. Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos. Campos dos Goytacazes, RJ: Essentia Editora, 2008.

BAIRD, Colin. **Química Ambiental.** Porto Alegre: Bookman, 2002.622p.

BARCELLOS, C. **Informações sobre Água e saúde no Brasil: fontes de dados e possibilidades de interrelacionamento.** Edição Comemorativa do Dia Mundial da Água. Brasília: ANA/ MMA, 2003.

BASTOS, R.K.X. **Coliformes como indicadores da qualidade da água: alcance e limitações.** In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Porto Alegre: Anais da ABES, 2000.

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

BRAGA, B. P. F.; FLECHA,R. PENNA, D. S.; KELMAN,J. **Pacto federativo e gestão de águas.** Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados, v. 22, n.63, p. 17- 42, 2008.

BRANCO,S. M.;AZEVEDO, S.M.F.O.; TUNDISI, J.G. **Água e saúde humana.** In REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. *Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação.* 3.ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N° 518, de 25 de Março de 2004**. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. 2004.

_____. CONAMA. **Resolução nº- 357, de 17 de Março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. 2005.

_____. CONAMA. **Resolução nº 396, de 03 de Abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. 2008.

CAETANO, L. C. **Água subterrânea no município de Campos dos Goytacazes: uma opção para o abastecimento**. 2000. 163p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas(UNICAMP),Campinas, 2000.

CALIFÓRNIA DEPARTMENT OF HEALTH (CDPH). **Fluoridation by Public Water Systems**.

Disponível em:

<<http://www.cdph.ca.gov/CERTLIC/DRINKINGWATER/Pages/Fluoridation.aspx>>

Acesso em: 28 de fevereiro de 2010.

CAPUCCI, E; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M. **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas: orientação aos usuários**. Rio de Janeiro: SEMADS, 2001.

CARVALHO, A. R. **Relatórios Técnicos**. [S.l.]:SAEC - SUCESA - SANERJ – CEDAE, 1998. 68p.

CERQUEIRA, F.; FACCHINA, M. **A Agenda 21 e os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio: as oportunidades para o nível local**. 2005. Caderno de Debate n.7. Brasília: Ministério do Meio Ambiente/ Secretaria de Política para o Desenvolvimento Sustentável, 2005.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2001.

_____. **Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo – 2001 – 2003. São Paulo, 2004. 106 p.

_____. **Decisão de Diretoria nº 195-2005- E, de 23 de novembro de 2005.** Dispõe sobre a aprovação dos Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo – 2005, em substituição aos Valores Orientadores de 2001, e dá outras providências. São Paulo, 2005.

CORDEIRO, W. S. **Alternativas de Tratamento de Água para comunidades Rurais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). 2008. 95p. CEFET/ Campos, Campos dos Goytacazes, RJ, 2008

CORIDOLA, R.; VIEIRA, E. M.; ALVES, M. G.; ALMEIDA, F. T. **Uso das Técnicas de Geoprocessamento na Elaboração de Mapa Preliminar de Vulnerabilidade dos Aquíferos do Município de Campos de Goytacazes – RJ.** In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil. p.16-21. 2005.

DANIEL, L.A.(Coord); BRANDÃO, C.C.S.; GUIMARÃES, J.R.; LIBÂNIO, M.; LUCA, S.J. **Métodos Alternativos de Desinfecção da Água.** Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – PROSAB, Edital 2, coordenada pelo prof. Luiz Antonio Daniel, da Escola de Engenharia de São Carlos da USP. São Carlos, SP: Cidade: PROSAB, 2001.

DE OLIVEIRA, V. P. S.; QUINTINO, A. S. S.; SAMPAIO, S. ALMEIDA, C. V. C. L. S.; PESSANHA, T. R.; ARAÚJO, F. A. **Conflito no uso da água na Baixada Campista.**In: IX ENGEMA - Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, Curitiba, 2007.

EATON, A. D.; CLESCERI, L. S.; RICE, E. W.; GREENBERG, A. E. **Standard Methods for the Examination of water & wastewater.** 21.ed. [S.L.]: Apha, 2005.

ESREY, S. A. **Water, waste, and well-being: a multi country study.** American Journal of Epidemiology. [S.l.]: v. 6, n. 143, p. 608-623,1996.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia.** 2.ed. Rio de Janeiro: Interciência,1998.

FALKENMARK, M. **Water scarcity generates environmental stress and potential conflicts.** Lewis Publishers, Inc.,1992.

FENORTE/TECNORTE. **Relatório de Gestão.** Projeto de Revitalização dos canais da Baixada Campista. Campos dos Goytacazes, 2002. 463p.

Fetter, C.W.. **Applied hydrogeology.** 3. Ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994. 691p.

FREITAS, D. M. **Águas Subterrâneas na Baixada Campista (Campos dos Goytacazes, RJ): Geometria, Qualidade e Dinâmica no Aquífero Quaternário Deltáico.** 2003. 197p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2003.

FREITAS, M. B.; BRILHANTE, O. M.; ALMEIDA, L. M. **Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio.** Cad. Saúde Pública [online]. Rio de Janeiro, v.17, n.3, p. 651-660, 2001.

FREITAS, M. B.; FREITAS, C. M. **A vigilância da qualidade da água para consumo humano – desafios e Perspectivas para o Sistema Único de Saúde.** Revista Ciência e Saúde Coletiva. Rio de Janeiro, v.10, n.4, p.993-1004, 2005.

GEO BRASIL. **Recursos hídricos : Resumo executivo.** Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional de Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília: MMA; ANA, 2007.

HESPANHOL, E. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos.** Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados, v.22, n.63, São Paulo, 2008.

HESPANHOL, I. **Água e saneamento básico.** In REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação.** 3.ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

HUNTER, C.; PERKINS, J.; TRANTER, J.; HARDWICK, P. **Fecal bacteria in the waters of and upland area in Derbyshire, England: The influence of agricultural land use.** J. Environ. Qual. v.20, p.1253-1261. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Atlas de Saneamento, 2000.**

Disponível em:

< http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/atlas_saneamento/index.html >

Data de acesso: 20 /09/2009

_____. **Síntese de Indicadores Sociais : Uma análise das condições de vida da População brasileira.** Rio de Janeiro, 2007.

_____. **Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílios 2008 - PNAD 2008.** Rio de Janeiro, v. 29, p.1-129, 2008

_____. **Pesquisa Nacional Por Amostra de Domicílios: Síntese de Indicadores 2008**. Rio de Janeiro,Rj, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONOMICA APLICADA(IPEA): MP, SPI. **Objetivos de Desenvolvimento de Meio Ambiente: Relatório Nacional de Acompanhamento/** Coordenação: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos; supervisão: Grupo Técnico para o acompanhamento dos ODM. – Brasília, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO). **Draft ISO/DIS 4831**.Microbiology -- General guidance for the enumeration of coliforms -- Most probable number technique. Switzerland :1991. 11 p.

KURY, K. A. **Despejo de esgoto no Rio Paraíba do Sul pelo centro urbano da cidade de Campos dos Goytacazes**. Boletim do Observatório Ambiental Alberto Lamego. v.2, n.1 (jan./jun. 2008), Centro Federal de Educação Tecnológica de Campos. Campos dos Goytacazes, RJ: Essentia, 2008.

LANNA, A. E. **A Economia dos Recursos Hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso**. Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados ,v.22, n.63, p.113-130, 2008.

LECLERC, H.; MOSSEL, D. A. A.. **Microbiologie de l'eau**,. In LECLERC, H. (ed.), Microbiologie: le tube digestif, l'eau et les aliments. Doin, Paris, France, p. 361–366,1989.

LECLERCQ, A.; WANEGUE, C.; BAYLAC, P. **Comparison of Fecal Coliform Agar and Violet Red Bile Lactose Agar for Fecal Coliform Enumeration in Foods**. Appl Environ Microbiol. 2002 April; v.68, n.4, p.1631–1638, 2002.

LIMA, C.L.S., BRAZ, V.N., RIVERA, I.G. **Pesquisa de coliformes e estreptococcus fecais em um ambiente protegido**. Engenharia Sanitária e Ambiental, v.4, n.3 e 4, p.127-132, 2000.

LOPES,M. F. C. **Condições de Ocorrência de Água Subterrânea nas Bacias dos Rios Piracicaba e Capivari**. Dissertação de Mestrado para obtenção do Título de Mestre em Ciências na área de Recursos Hídricos.1994. 82p. Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 1994.

MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas**. Estudos Avançados , Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados, Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados, v.22, n.63, p.83-96. 2008.

MATHIAS, L. S. et al. **Uma abordagem da geomedicina sobre a percepção de conceitos sobre a contaminação de recursos hídricos subterrâneos visando a conscientização ambiental do distrito de Travessão – Campos dos Goytacazes – RJ. [2009]**

Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p639.pdf>

Acesso em: 15 de janeiro de 2010

MENDONÇA, J. C.; FREITAS, R. M.; SOUZA, E. F. **Avaliação temporal de eventos de inundação na Baixada Campista, Região Norte Fluminense, RJ, pelo uso de imagens digitais orbitais do Sensor MODIS.** Revista Brasileira de Cartografia, n.59/03, dez, 2007.

MENDONÇA, J. C.; OLIVEIRA, V. P. S.; ALVAREZ, O. H. N.; CARVALHO, D.; FAGUNDES, L. F. **Expedição Rio Paraíba do Sul.** Campos dos Goytacazes: FENORTE, 2002.

MMA/ANA/PNUD. **GEO Brasil :Recursos Hídricos : Resumo Executivo.** Ministério do Meio Ambiente ; Agência Nacional de Águas ; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. Brasília : 2007. 60 p.

MOSSEL, D. A. A. **Marker (index and indicator) organisms in food and drinking water: Semantics, ecology, taxonomy and enumeration.** Antonie Leeuwenhoek., n.48, p.609–611, 1982.

NASCIMENTO, G. A. **Saneamento básico em áreas urbanas pobres: planejamento e Gestão de programas na Região Sul do Brasil.**2004. 230p. Tese de doutorado – Universidade federal de Santa Catarina, Programa de Pós Graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2004.

NIETO, R. **A visão da CETESB da Resolução CONAMA N° 357 de 17/03/2005.** ASEC - Associação dos Engenheiros da CETESB. 6º Encontro Técnico Anual, abril de 2005.

Disponível

em:

http://www.asec.com.br/v3/docs/Doc_Encontro06_Regis%20Nieto.pdf

Data de acesso: 02/10/09

NIETO, R.A. **Entrevista com Regis Nieto.** Exacta, São Paulo, v. 5, n.1, p.15-21, Janeiro/junho,2007.

ODUM, E. P. **Ecologia.** Rio de Janeiro: Guanabara, 1988.

ONU. **Falta água potável para 1,1 bilhão no mundo.** Paris, 09/03/06.

Disponível em: < Fonte : http://www.onu-brasil.org.br/view_news.php?id=3741>

Data de acesso: 20 setembro de 2009

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD(OMS). **Guías para la calidad del agua potable**. Ginebra, 1995. 195p.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT(OECD). **Water Resource Management**. Integrate Policies, 1989.

PAIVA, J. B. D; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

PEDROSA, C. A.; CAETANO.F.A. **Águas Subterrâneas**. Brasília: Agência Nacional de Águas(ANA), Agosto/2002.

Disponível em:
http://www.ana.gov.br/gestaoRecHidricos/InfoHidrologicas/projetos_aguasSubterr2.asp

PERDOMO, C. H.; CASANOVA, O.N.; CIGANDA, V.S. PERDOMO, C.H.; CASANOVA, O.N. Y CIGANDA, V.S. **Contaminación de águas subterrâneas con nitratos y coniformes en el litoral sudoeste del Uruguay**. Agrociencia. Montevideo (Uruguay).v.5, n.1. p.10-22, 2001.

PEREIRA, D. S. P. **Governabilidade dos Recursos Hídricos no Brasil: a implementação dos instrumentos de gestão na Bacia do Paraíba do Sul**. Brasília: Agência Nacional de águas, 2003.

PEREIRA, J. R. P **Um pedaço de terra chamado Campos**. Campos dos Goytacazes, RJ: Almeida Artes Gráficas, 1987.

_____. **O ciclo do açúcar em Campos, RJ**. Campos dos Goytacazes, RJ: Erca, 1995.

PERFIL 2005. **Perfil sócio-econômico do município de Campos dos Goytacazes / 2005**. Disponível em: <<http://www.campos.rj.gov.br/Perfil-2005/index.htm>>. Acesso em 15 junho de 2007.

POND, K. **Water recreation and disease: Plausibility of Associated Infections: Acute Effects, Sequelae and Mortality**. Geneva: World Health Organization (WHO), 2005.

POPP, J. H. **Geologia Geral**. 5.ed. Rio de Janeiro: LCT, 1998.

PRÜSS-ÜSTÜN, A.; BOS, R.; Gore, F.; BARTRAM, J. **Safer water, better health: costs, benefits and sustainability of interventions to protect and promote health**. Geneva: World Health Organization, 2008.

Public Health Service: **Healthy people 2000: national health promotion and disease prevention objectives**. DHHS Publication n.(PHS) 91-50212. Office of the Assistant Secretary for Health, Office of Disease Prevention and Health Promotion. Washington, DC: U.S. Government Printing Office , 1990.

PURI, S; AURELI, A. **Atlas of transboundary aquifers: global maps, regional cooperation and local inventories**. Publ: 2009; 1 CD-ROM.

RAMALHO, Roberta de Souza. **Diagnóstico do meio físico como contribuição ao planejamento do uso da terra do Município de Campos dos Goytacazes**. Campos dos Goytacazes, RJ: UENF, 2005.

REBOUÇAS, A. C. **Água doce no mundo e no Brasil**. In: REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3.ed. São Paulo: Escrituras, 2006a.

REBOUÇAS, A. C. **Águas Subterrâneas**. In REBOUÇAS, A.C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. 3. Ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2006b.

RICKLEFS, R.A. **A Economia da Natureza**. 5.ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2003. 470p.

ROCHA, S. F. ROSA, C. C. B.; ALVES, M. G.; ALMEIDA, F. T.; SANTOS JUNIOR, E. L. **Vulnerabilidade e diagnóstico da potabilidade das águas dos poços localizados na área de Campos dos Goytacazes – RJ**. In: XIII Encontro Nacional de perfuradores de poços / I Simpósio de hidrogeologia do Sudeste, Petrópolis/RJ, 23-26 agosto, 2003.

ROGAN, W. J.; BRADY, M. T.; **Drinking Water From Private Wells and Risks to Children**. The Committee on Environmental Health, and the Committee on Infectious Diseases. PEDIATRICS. Elk Grove Village, Illinois, USA. v.123, n.6, p.1123–1137, June 2009.

ROSA, C.C.B.; ALMEIDA, F.T.; SANTOS JÚNIOR, E.L.; ALVES, M.G.; MARTINS, M.L.L. **Qualidade microbiológica de água de poços provenientes de áreas urbanas e rurais de Campos do Goytacazes (RJ)**. 2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 13. Cuiabá, 2004. Cuiabá: ABAS, 2004. CD-ROM.

SANTOS, M. G. **Mapeamento da vulnerabilidade e risco de poluição das águas subterrâneas dos sistemas aquíferos sedimentares da região de Campos dos Goytacazes.** 2004. 131p. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Campinas, 2004.

SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL(SEMADS). **Ambiente das Águas do Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: Projeto PLANÁGUA/SEMADS/GTZ. Coordenador William Weber. 2001. 230p.

SILVA, S.R.; MENDONÇA, A.S.F. **Correlação D.B.O./D.Q.O. para Esgoto bruto e Efluentes de Lagoas de Estabilização.** Anais do Congresso de ABES.1997.

SPICER, W. J. **Bacteriologia, Micologia e Parasitologia Clínicas: Um texto ilustrado em cores.** 1.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000.

THOMANN, R. V.; MUELLER, J. A. **Principles of surface water quality modeling and control.** New York : Harper & Row, 1987. 644p.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos no Futuro: Problemas e Soluções.** Estudos Avançados Universidade de São Paulo, Instituto de Estudos Avançados , v.22, n.63, p.07-16. 2008.

UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (UNESCO). **The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World.** World Water Assessment Programme. Paris: UNESCO, and London: Earthscan, 2009.

VON SPERLING, M. **Análise dos padrões brasileiros de qualidade de corpos de água e de lançamento de efluentes líquidos.** RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre, v.3 n.1, Janeiro/Março, 1998. 111-132p.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos.** 3.ed.- Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.

WEBER, W (coord.). **Ambiente das águas no Estado do Rio de Janeiro.** Rio de Janeiro: SEMADS, 2001.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for Drinking-water Quality.** v. 1: Recommendations. 2.ed. Geneva:WHO, 1993.

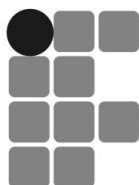
_____. **Guidelines for drinking - water quality**.v.2. Geneva: WHO,1996.

WORLD BANK. **Sanitation and clean water**. In: World Development Report 1992: Development and the Environmental. Washington D.C.: The World Bank, 1992. p.98-113.

ZUCCARI, M.L.; GRANER, C.A.F.; LEOPOLDO, P.R. **Determinação da Demanda Química de Oxigênio (DQO) em águas e efluentes por método colorimétrico alternativo**. Revista Energia na Agricultura. Botucatu, v.20, p. 69-82,2005.

ADENDOS

ADENDO A – Questionário Socioambiental



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE**
Unidade de Pesquisa e Extensão Agro-Ambiental

Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica Ministério da Educação



Questionário Socioambiental

Nome: _____
Endereço: _____ Identificação: _____
Coordenadas: _____ S _____ W

1 – A residência possui água fornecida pelo município?

sim não

Qual fonte? _____

2 – Características da água utilizada:

cor

cheiro

límpida

3 – Com que frequência é feita a limpeza da caixa d'água?

Semanal

Quinzenal

Mensal

Outros _____

4 – A residência possui tratamento para o esgoto sanitário?

sim não

Qual? _____

Quantos metros entre a fossa e a fonte d'água? _____

5 – A água consumida é: clorada fervida sem tratamento outros

6 – Quantas pessoas vivem na casa?

_____ pessoas

7 – Qual a renda da família?

meio salário mínimo 01 SM 02 SM mais 02 SM

8 – Recebe alguma assistência do governo?

() sim () não

Qual? _____

9 – Quais doenças já foram contraídas pelos membros da família? Quantos membros e qual a frequência?

() verminose ___membros ___vezes no ano

() diarreia ___membros ___vezes no ano

() dengue ___membros ___vezes no ano

() problemas de pele ___membros ___vezes no ano

() leptospirose ___membros ___vezes no ano

() outros _____

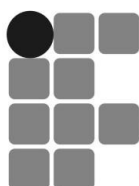
10 – A localidade possui atendimento médico?

() sim () não

Qual: _____

Observações:

ADENDO B – FICHA EPIDEMIOLÓGICA



**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
FLUMINENSE**
Unidade de Pesquisa e Extensão Agro-Ambiental

Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica Ministério da Educação



FICHA EPIDEMIOLÓGICA

Unidade de saúde (ou outra fonte notificadora) _____

Endereço: _____

Coordenadas: _____ S _____ W

Data : _____ Telefone: _____

Localidade(s) atendida(s): _____

1-Quais doenças/agravo por veiculação hídrica ocorrem nesta unidade de saúde?

- | | |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Cólera | <input type="checkbox"/> Giardíase |
| <input type="checkbox"/> Desintéria amebiana | <input type="checkbox"/> Hepatite infecciosa (A ou E) |
| <input type="checkbox"/> Desintéria Bacilar | <input type="checkbox"/> Leptospirose |
| <input type="checkbox"/> Febre tifóide e paratifóide | <input type="checkbox"/> Paralisia infantil (poliomielite) |
| <input type="checkbox"/> Gastroenterite | <input type="checkbox"/> Salmonelose |
| <input type="checkbox"/> Verminoses (helmintos) | <input type="checkbox"/> esquistossomose |
| <input type="checkbox"/> Escabiose | <input type="checkbox"/> outros |

2- Qual a média total de pacientes atendidos no último mês?

3- Qual a média total de doenças de veiculação hídrica atendida neste período?

4- Observações:
