

**AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
SUPERFICIAIS, SUBTERRÂNEOS E REUSO DAS
ÁGUAS PLUVIAIS DO MUNICÍPIO DE QUISSAMÃ COM
FINALIDADE DE GESTÃO INTEGRADA PARA USO SUSTENTÁVEL**

PRISCILA ALVES MARQUES FERNANDES

**Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro
Campos dos Goytacazes
Março 2012**

**AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
SUPERFICIAIS, SUBTERRÂNEOS E REUSO DAS
ÁGUAS PLUVIAIS DO MUNICÍPIO DE QUISSAMÃ COM
FINALIDADE DE GESTÃO INTEGRADA PARA USO SUSTENTÁVEL**

PRISCILA ALVES MARQUES FERNANDES

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^a. Maria da Glória Alves

**Campos dos Goytacazes
Março 2012**

**AVALIAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS
SUPERFICIAIS, SUBTERRÂNEOS E REUSO DAS
ÁGUAS PLUVIAIS DO MUNICÍPIO DE QUISSAMÃ COM
FINALIDADE DE GESTÃO INTEGRADA PARA USO SUSTENTÁVEL**

PRISCILA ALVES MARQUES FERNANDES

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Aprovado em: ____/____/____

Comissão Examinadora:

PROF. GERSON CARDOSO DA SILVIA JR. (D. SC.) - UFRJ

PROF. GUSTAVO DE CASTRO XAVIER (D.SC.) – UENF

PROF. RODRIGO MARTINS REIS (D.SC.) - UENF

PROF^a. MARIA DA GLÓRIA ALVES (D.SC.) - UENF

ORIENTADORA

DEDICO

à minha mãe Simone, ao meu pai Jorge
e à minha irmã Patricia.

“Até aqui nos ajudou o
Senhor”
(I Samuel 7, 12)

AGRADECIMENTOS

À Deus pela força, sabedoria, paciência e por ter me mostrado que o impossível aos meus olhos ele pode realizar.

À minha mãe Simone e ao meu pai Jorge pelo incentivo, apoio, compreensão e pelo amor e carinho.

À minha irmã Patricia por terem me incentivado e me apoiado.

Ao meu namorado Victor pela amizade, compreensão e pela força nos momentos difíceis.

Aos meus grandes amigos Sérgio Rafael e José Luiz pela amizade, incentivo e compreensão desde todo o sempre, pois sem eles essa dissertação seria impossível.

À minha amiga, “mãe” e orientadora Glória por ter “abraçado” esta dissertação comigo e ter me ajudando a crescer profissionalmente e pessoalmente.

Aos amigos da Oficina de Geoprocessamento: Mirian, Zélia, Suellen, Filipe e Izabel pela amizade e descontração durante a elaboração dos mapas.

Aos geólogos Vinícius, Thaís, Gerson e Aderson (UFRJ) pelo material bibliográfico e pelas idéias e conversas do início ao fim do trabalho.

À Prefeitura Municipal de Quissamã pelas informações sobre o município e disponibilidade de material bibliográfico.

À FUNDENOR e à PUC-RJ pelos dados de análises bacteriológicas e físico-químicas.

Aos professores, técnicos e funcionários do LECIV e da ASTRAN.

À toda comunidade de Quissamã pela contribuição com as informações sobre os poços.

À CAPES e à FAPERJ pela concessão de bolsa de estudo.

Enfim, agradeço a todas as pessoas, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

| | | |
|---------|--|----|
| 1. | INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. | OBJETIVO | 4 |
| 2.1 | OBJETIVOS GERAIS | 4 |
| 2.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 4 |
| 3. | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA..... | 5 |
| 3.1 | LOCALIZAÇÃO | 5 |
| 3.2 | HISTÓRICO E ASPECTOS SÓCIOECONÔMICOS | 6 |
| 3.3 | ABASTECIMENTO DE ÁGUA | 7 |
| 3.4 | CLIMA | 9 |
| 3.5 | GEOMORFOLOGIA..... | 9 |
| 3.6 | GEOLOGIA | 11 |
| 3.7 | PEDOLOGIA | 12 |
| 3.8 | VEGETAÇÃO..... | 14 |
| 3.9 | ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS | 16 |
| 3.9.1 | ÁGUAS SUBTERRÂNEAS..... | 16 |
| 3.9.2 | ÁGUAS SUPERFICIAIS- LAGOA FEIA E RIOS | 17 |
| 4. | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 19 |
| 4.1 | TERRA- PLANETA ÁGUA | 19 |
| 4.2 | ÁGUA SUBTERRÂNEA..... | 20 |
| 4.3 | AQUÍFEROS | 21 |
| 4.4 | CAPTAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA | 23 |
| 4.5 | QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA | 25 |
| 4.6 | CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA | 26 |
| 4.6.1 | SANEAMENTO IN SITU..... | 26 |
| 4.6.2 | CEMITÉRIOS | 27 |
| 4.6.3 | ATIVIDADES AGRÍCOLAS | 28 |
| 4.6.4 | TANQUES DE COMBUSTÍVEIS ENTERRADOS | 28 |
| 4.7 | HIDROQUÍMICA | 29 |
| 4.7.1 | PRINCIPAIS PROPRIEDADES..... | 29 |
| 4.7.2 | PRINCÍPIOS DE CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS- TÉCNICAS GRÁFICAS | 41 |
| 4.7.2.1 | DIAGRAMA TRIANGULAR DE PIPER..... | 41 |
| 4.7.2.2 | DIAGRAMA DE STIFF | 42 |
| 4.8 | ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS | 42 |
| 4.9 | ÁGUA DE CHUVA | 42 |

| | |
|--|----|
| 4.9.1 PREVISÃO DE DEMANDA | 42 |
| 5. MATERIAIS E MÉTODOS | 44 |
| 5.1 LEVANTAMENTO DE DADOS | 44 |
| 5.2 LEVANTAMENTO DE CAMPO | 45 |
| 5.3 AMOSTRAGEM DE ÁGUA | 46 |
| 5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS | 49 |
| 5.5 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS | 49 |
| 5.6 TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS | 50 |
| 5.6.1 BASE DE DADOS | 50 |
| 5.6.2 GERAÇÃO DE MAPAS | 50 |
| 5.7 COMPORTAMENTO DA LAGOA FEIA | 51 |
| 5.8 PLUVIOMETRIA DA REGIÃO | 51 |
| 5.8.1 ÁREA DE CAPTAÇÃO E VOLUME DE ÁGUA CAPTADO | 51 |
| 6. RESULTADOS | 53 |
| 6.1 BASE DE DADOS DO MUNICÍPIO DE QUISSAMÃ | 53 |
| 6.2 RESULTADOS | 54 |
| 6.2.1 TRABALHO DE CAMPO | 54 |
| 6.2.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS | 55 |
| 6.2.3 DIAGRAMAS | 62 |
| 6.2.4 ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS | 69 |
| 6.2.5 MONITORAMENTO DA LAGOA FEIA | 72 |
| 6.2.6 ANÁLISE PLUVIOMÉTRICA DA REGIÃO | 73 |
| 6.2.7 CÁLCULO DA ÁREA DE CAPTAÇÃO E VOLUME DE ÁGUA CAPTADO | 74 |
| 7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 76 |
| 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 79 |
| APÊNDICES | 85 |
| ANEXOS | 91 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 3.1 - Localização da área de estudo em relação ao município de Campos, ao Estado do Rio de Janeiro e ao Brasil..... | 5 |
| Figura 3.2 – Plantação de cana-de-açúcar e de coco na região de Quissamã..... | 7 |
| Figura 3.3 – (a) Poços profundos. (b) Poços rasos..... | 8 |
| Figura 3.4 – Divisão geomorfológica do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF)..... | 10 |
| Figura 3.5 – Divisão geológica do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF)..... | 12 |
| Figura 3.7 – Pedologia do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF)..... | 14 |
| Figura 3.6 – Vegetação do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF)..... | 15 |
| Figura 3.8 – Unidades aquíferas do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF)..... | 17 |
| Figura 3.9 - Canal Campos X Macaé e Comportas do Canal das Flechas..... | 18 |
| Figura 3.10 - Foto da Lagoa Feia..... | 18 |
| Figura 4.1 – Distribuição relativa das águas doces no planeta (Borguetti, 2004)..... | 19 |
| Figura 4.2 – Distribuição relativa dos recursos hídricos renováveis no planeta-2000 (Borguetti, 2004)..... | 20 |
| Figura 4.3 – Ciclo hidrológico (Borguetti, 2004)..... | 21 |
| Figura 4.4 - Nível de pressão nos aquíferos (Borguetti, 2004)..... | 22 |
| Figura 4.5 - Tipos de aquíferos quanto à porosidade (Borguetti, 2004)..... | 23 |
| Figura 4.6 – Poço cacimba localizado na área de estudo..... | 24 |

| | |
|---|----|
| Figura 4.7 – Poço tubular localizado na área de estudo..... | 24 |
| Figura 4.8 – Poço profundo localizado na área de estudo..... | 25 |
| Figura 4.9 – Fonte potencialmente poluidora da área de estudo: cemitério..... | 27 |
| Figura 4.10 – Fonte potencialmente poluidora da área de estudo: plantação de cana-de-açúcar..... | 28 |
| Figura 4.11 – Fontes potencialmente poluidoras da área de estudo: postos de gasolina..... | 29 |
| Figura 4.12 – Poço na área de estudo e proprietária com doença de pele..... | 41 |
| Figura 4.13 – Diagrama de Piper..... | 41 |
| Figura 5.1 – GPS..... | 45 |
| Figura 5.2 – Fontes potencialmente poluidoras: cemitério, posto de gasolina..... | 46 |
| Figura 5.3 – Poço → E 0241132/ N 7553414 - Localidade: São José..... | 46 |
| Figura 5.4 – Medidor de nível d'água, de pH, de condutividade e termômetro..... | 46 |
| Figura 5.5 – Poço → E 0242679/ N 7555852 - Localidade: Fazenda Vista Alegre..... | 47 |
| Figura 5.6 – Coletando a amostra de água..... | 47 |
| Figura 5.7 – Adicionando ácido nítrico no recipiente da análise físico-química..... | 48 |
| Figura 5.8 – Medição do pH..... | 48 |
| Figura 5.9 – Medição da temperatura e condutividade..... | 48 |
| Figura 5.10 – Identificando as amostras..... | 48 |
| Figura 5.11 – Recipiente das análises físico-químicas..... | 49 |
| Figura 5.12 – Recipiente das análises bacteriológicas e caixa térmica..... | 49 |
| Figura 6.1 - Mapa de espacialização dos pontos cadastrados no município de Quissamã (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento – OFIGEO/UENF. Compilado do CPRM, 2001)..... | 54 |
| Figura 6.2 - Mapa de espacialização dos pontos coletados para realização das análises físico-químicas (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento – OFIGEO/UENF. Compilado do CPRM, 2001)..... | 55 |
| Figura 6.3 Poço raso (Fazenda Pitanga) e poço profundo (Fazenda Machadinha), respectivamente..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Figura 6.4 – Mapa de isovalores da condutividade elétrica dos poços rasos medidos em campo..... | 60 |
| Figura 6.5 – Gráfico de comparação da condutividade elétrica do campo com a obtida em laboratório..... | 60 |
| Figura 6.6 – Mapa de isovalores do pH dos poços rasos medidos em campo..... | 61 |
| Figura 6.7 – Gráfico de comparação do pH do campo com a obtido em laboratório..... | 62 |
| Figura 6.8 – Diagrama de Piper referente aos poços profundos..... | 63 |
| Figura 6.9 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço profundo da Fazenda Vista Alegre 1..... | 63 |
| Figura 6.10 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço profundo da Fazenda Vista Alegre 2..... | 64 |
| Figura 6.11 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço profundo de Morro Alto..... | 64 |
| Figura 6.12 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço profundo da Fazenda Machadinha..... | 64 |
| Figura 6.13 – Diagrama de Piper referente aos poços rasos e lagoa..... | 65 |
| Figura 6.14– Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso de Santa Catarina..... | 65 |
| Figura 6.15 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso de São José..... | 66 |

| | |
|--|----|
| Figura 6.16 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso da Fazenda Pitanga..... | 66 |
| Figura 6.17 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso de São Miguel..... | 66 |
| Figura 6.18 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso de Conde de Araruama..... | 67 |
| Figura 6.19 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente a Lagoa Feia..... | 67 |
| Figura 6.20 – Diagrama de Piper referente aos poços profundos, rasos e lagoa..... | 68 |
| Figura 6.21 – Mapa de espacialização dos diagramas de Stiff (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento – OFIGEO/UENF. Compilado do CPRM, 2001)..... | 68 |
| Figura 6.22 – Mapa de espacialização dos pontos coletados para realização das análises bacteriológicas (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento – OFIGEO/UENF. Compilado do CPRM, 2001)..... | 69 |
| Figura 6.23 - Monitoramento temporal do espelho d'água da Lagoa Feia (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento – OFIGEO/UENF. Compilado do satélite SAD e mapa de Alberto Lamego, 2010)..... | 72 |
| Figura 6.24 – Leitura da lâmina d'água realizada pela prefeitura de Quissamã na Lagoa Feia..... | 72 |
| Figura 6.25 – Instalação da Estação Meteorológica em Quissamã..... | 73 |
| Figura 6.26 –Indicações para o cálculo da área de contribuição (NBR 10844)..... | 74 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 4.1 – Propriedades Físicas..... | 30 |
| Tabela 4.2 – Substâncias dissolvidas e propriedades organolépticas..... | 31 |
| Tabela 4.3 – Propriedades Iônicas..... | 31 |
| Tabela 4.4 – Concentrações dos elementos na crosta continental..... | 32 |
| Tabela 4.5 – Efeitos dos metais tóxicos no ser humano, quando ingeridos através da água..... | 40 |
| Tabela 4.6 –Consumo de água per capita em algumas cidades, regiões e países (Sabesp,2010)..... | 43 |
| Tabela 6.1 Dados de localização dos poços..... | 56 |
| Tabela 6.2 Dados medidos no campo..... | 56 |
| Tabela 6.3 Resultados de parâmetros físicos e físico-químicos obtidos em laboratório..... | 57 |
| Tabela 6.4 Resultados dos ânions obtidos em laboratório..... | 57 |
| Tabela 6.5 Resultados das substâncias controladas obtidas em laboratório..... | 58 |
| Tabela 6.6 Resultados dos elementos obtidos em laboratório..... | 58 |
| Tabela 6.7 Tabela de elementos utilizados na confecção dos diagramas de Piper e Stiff..... | 62 |
| Tabela 6.8 Tabela de poços..... | 70 |
| Tabela 6.9 Dados medidos no campo..... | 71 |
| Tabela 6.10 Dados pluviométricos da estação de Macaé- Precipitação em mm (Lat:22° 24' 14"; Long: 41° 51' 33")..... | 73 |
| Tabela 6.11 Cálculo do volume de água captado..... | 75 |
| Apêndice I - Fontes potencialmente poluidoras no município de Quissamã..... | 85 |

| | |
|---|-----|
| Apêndice II - Poços profundos, rasos e local cadastrado da Lagoa Feia no município de Quissamã..... | 85 |
| Apêndice III - Poços profundos, rasos e local medição da Lagoa Feia no município de Quissamã..... | 88 |
| Apêndice IV - Poços profundos, rasos e local de coleta da Lagoa Feia no município de Quissamã e suas respectivas observações..... | 89 |
| Anexo I - Leituras da lâmina d'água da Lagoa Feia durante o ano de 2009 e 2010 realizadas pela prefeitura..... | 91 |
| Anexo II - Resultado das análises bacteriológicas..... | 92 |
| Anexo III - Resultado das análises físico-químicas..... | 107 |

1. INTRODUÇÃO

A água é reconhecida pela ciência como o ambiente em que surgiu a própria vida e também como solvente universal. A vida não existe sem água líquida. A capacidade de renovação das águas durante o ciclo hidrológico e sua agilidade de auto-purificação, permite a relativa conservação, por um longo período, da quantidade e qualidade das águas doces.

O uso de águas subterrâneas tem aumentado significativamente nas últimas décadas. Particularmente nas áreas rurais dos países em desenvolvimento, em regiões áridas e semi-áridas e nas ilhas. Em algumas mega-cidades (por exemplo, a Cidade do México, São Paulo, Bangkok) é a principal fonte de abastecimento de água e fornece quase 70% do abastecimento de água nos países da União Européia. A agricultura e sistemas de irrigação em particular, em muitas partes do mundo, dependem fortemente dos recursos hídricos subterrâneos (UNESCO, 2007).

No entanto, o controle gerencial sobre o desenvolvimento dos recursos e da sua proteção é muitas vezes deficiente, o que leva à exploração descontrolada e contaminação dos aquíferos. A solução está intimamente ligada ao planejamento e a gestão da água sendo que o principal objetivo deste processo é assegurar a quantidade, qualidade, segurança e sustentabilidade das águas subterrâneas (Freeze et al, 1979).

Os modelos da U.S Environmental Protection Agency (USEPA, 1975), World Health Organization European Standard (OMS, 1970) recomendam concentrações limites aceitáveis para consumo humano. (Freeze et al, 1979) e (Fetter, 2002) falam dos constituintes químicos das águas subterrâneas, contaminação e sua qualidade, mostrando que o modelo principal de uso é para o consumo humano; (Santos, 1997) apresenta valores permitidos para águas, dentro do padrão do uso estabelecido. No Brasil, alguns parâmetros físico-químicos são adotados para avaliação da qualidade da água para consumo humano e estão relacionadas na Portaria nº 518/2004 (Brasil, 2004), além de serem recomendados pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2004), no que tange à potabilidade da água.

Do ponto de vista hidrogeológico a qualidade é tão importante quanto a quantidade, à disponibilidade dos recursos hídricos para determinados usos depende

fundamentalmente da qualidade físico-química, biológica e radiológica das águas (Santos, 1997).

O gerenciamento dos recursos hídricos em nosso país vem se destacando pela evolução legislativa na busca da sustentabilidade nos usos da água, no intuito de conseguir não só reverter situações críticas de poluição mais principalmente estimular usos capazes de levar melhores condições de vida as populações.

Devido ao rápido desenvolvimento econômico que a região de Quissamã vem apresentando nos últimos anos, ocorre uma maior demanda de abastecimento de água, tanto para a indústria e agricultura quanto para o consumo da população devido à instalação de novos pólos industriais e da ampliação de práticas agrícolas.

O abastecimento da região é proveniente pela concessionária CEDAE, a qual capta águas da Lagoa Feia, tem-se a utilização de carros-pipa, nascentes ou por um sistema isolado de abastecimento de água mantido e operado pelo próprio município. Ainda, existe consumo de água de poços particulares, rasos (cacimba) e profundos. Estes poços, do tipo cacimba, são mais vulneráveis a diversos tipos de poluição e/ou contaminação e apresentam um frágil sistema de vedação.

A principal fonte de abastecimento do município –Lagoa Feia- possui uma pequena lâmina d'água e caso este corpo hídrico seja muito explorado o município pode ficar sem abastecimento de água. Uma solução para este problema é utilizar uma gestão integrada das águas da Lagoa Feia, subterrânea (poços rasos e profundos) e o reaproveitamento das águas pluviais de forma sustentável.

A gestão integrada de recursos hídricos se constitui, na atualidade, em uma das prioridades fundamentais das políticas públicas, em todo mundo, face ao incontrolado crescimento populacional, à avassaladora demanda hídrica para os mais variados fins e ao surgimento, cada vez mais intenso, de conflitos locais, nacionais e até internacionais, na disputa pelas limitadas disponibilidades hídricas (Vicente, 2003).

Para se atingir o objetivo proposto, o trabalho foi dividido em oito capítulos. O primeiro capítulo permite ao leitor obter informações gerais acerca do tema aqui abordado. No capítulo dois são descritos os objetivos: geral e específico. No capítulo três é apresentada a caracterização da área de estudo. No capítulo quatro, através da

Revisão Bibliográfica, procurou-se, de um modo geral, abordar os seguintes temas: água subterrânea, aspectos básicos das análises hidrogeológicas, hidrogeoquímicas e bacteriológicas das águas e a previsão de demanda de água no Brasil e no mundo. No capítulo cinco são apresentados os materiais e métodos utilizados para o desenvolvimento da dissertação. No capítulo seis são apresentados os resultados e discussões. No capítulo sete são apresentadas as conclusões e recomendações. Ainda são descritas no trabalho, as Referências Bibliográficas no capítulo oito, no apêndice encontram-se os dados do levantamento de campo e no anexo os laudos dos laboratórios.

2. OBJETIVOS

- *2.1 Objetivos Gerais*

Neste projeto será feita uma avaliação ambiental do município de Quissamã, com ênfase nos recursos hídricos, visando propor medidas de gerenciamento sustentável através da gestão integrada das águas pluviais, da Lagoa Feia e das águas subterrâneas.

- *2.2 Objetivos Específicos*

Para alcançar o objetivo geral, procurou-se atingir os seguintes objetivos específicos durante o estudo:

- Elaboração de base de dados georreferenciados (poços rasos e profundos e de fontes potencialmente poluidoras como: cemitério, posto de gasolina, pastos, lixão, agricultura e outras);
- Análises hidrogeológicas, hidrogeoquímicas e bacteriológicas das águas subterrâneas e superficiais da região;
- Estudo e análise do comportamento temporal da Lagoa Feia;
- Análise do índice pluviométrico para finalidade de reuso.

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Localização

O estudo está sendo desenvolvido no Município de Quissamã, pertencente à Microrregião de Macaé e à Região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro, possui 715,88 Km² de território, banhado pelo Oceano Atlântico ao longo de aproximadamente 45,00 Km de extensão de costa e uma população de 18.315 (dezoito mil trezentos e quinze) habitantes (IBGE, 2010).

O município de Quissamã faz divisa ao norte com Campos dos Goytacazes, ao sul com o Oceano Atlântico, a noroeste com Conceição de Macabu e a leste com Carapebus (Figura 3.1).

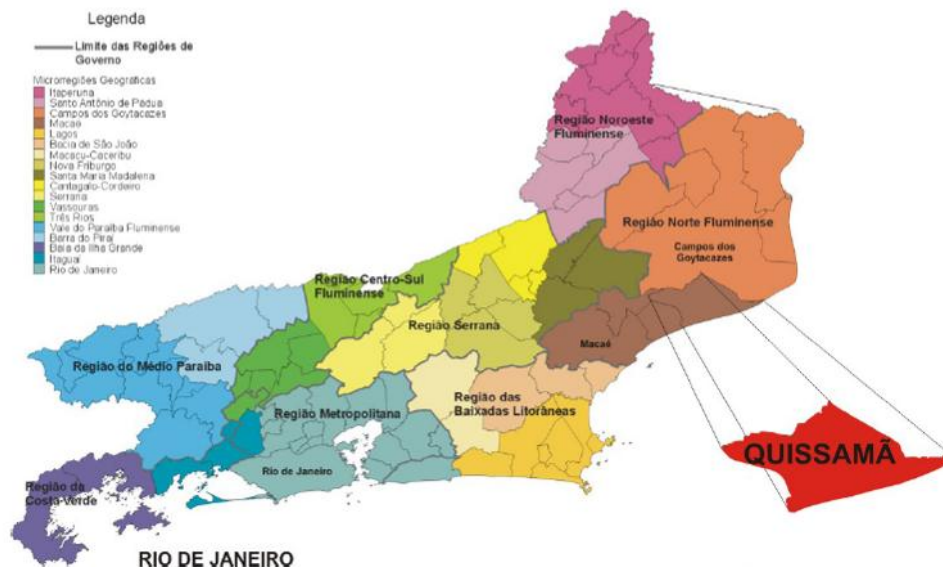


Figura 3.1 - Localização da área de estudo em relação ao município de Campos e ao Estado do Rio de Janeiro (CIDE, 2005).

Histórico e Aspectos Socioeconômicos

A origem do município de Quissamã encontra-se ligada ao município de Macaé, ao qual pertencia até recentemente como sede distrital.

A criação de bovinos foi a principal atividade econômica local durante um século. Em 1694, quando é erguida a Capela Nossa Senhora do Desterro, nasce a vila de Quissamã num local denominado "Furado".

O primeiro engenho de açúcar de Quissamã foi erguido em 1798, junto à antiga sede da Fazenda Machadinha. A cultura da cana desenvolveu-se de tal forma que a região chegou a ter sete engenhos de médio porte em suas fazendas, além de um elevado contingente de escravos. O açúcar produzido em Quissamã era transportado em carros de boi a Macaé, e depois por barco ao Rio de Janeiro. (PDDSQ – RJ. Perfil Físico-Geográfico e Ambiental, 2006).

Em função da conjuntura internacional e de fatores técnicos, os grandes proprietários de Quissamã decidiram implantar um Engenho Central. Deu-se início à construção dos prédios e à importação do maquinário francês, e em 1877 foi

inaugurado o Engenho Central, o primeiro da América do Sul com suas características. A partir de então, foram desativados os pequenos engenhos da região, passando todos os produtores a entregar sua produção ao Engenho Central. (PDDSQ – RJ. Perfil Físico-Geográfico e Ambiental, 2006).

Quissamã conheceu um desenvolvimento esplendoroso nos 50 anos seguintes, com linha férrea entre as fazendas e o Engenho e, deste, com as cidades de Campos dos Goytacazes e o Rio de Janeiro. A partir da crise de 1929, esse quadro modificou-se: alguns fazendeiros endividaram-se e acabaram perdendo suas propriedades em favor da Cia. do Engenho Central de Quissamã, que praticamente passou a monopolizar a economia local. Desde então, Quissamã conheceu um longo período de estagnação econômica, só interrompido na década de 70 com o advento do Pró-álcool. (PDDSQ – RJ. Perfil Físico-Geográfico e Ambiental, 2006).

A Prefeitura tem conseguido desde então diversificar sua economia, inicialmente baseada no cultivo e transformação da cana de açúcar em uma usina, por outras culturas tais como coco verde (Figura 3.2) e abacaxi.



Figura 3.2 – Plantação de cana-de-açúcar e de coco na região de Quissamã.

Com a emancipação da cidade em 1989, esta retomou o desenvolvimento acelerado e desordenado, com um grande investimento em infra-estrutura em todo o município, tendo como principal receita os royalties do petróleo extraído da Bacia de Campos.

Abastecimento de Água

A maior parte do abastecimento de água de Quissamã é realizada por captação na Lagoa Feia, que é responsável pelo equilíbrio hídrico do município e rege todos os canais que fazem parte deste, como o canal Campos X Macaé e o Canal das Flechas.

O abastecimento da região é proveniente pela concessionária CEDAE - Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro, a qual capta águas da Lagoa Feia, tem-se a utilização de carros-pipa, nascentes ou por um sistema isolado de abastecimento de água mantido e operado pelo próprio município. Ainda, existe consumo de água de poços particulares, rasos (cacimba) e profundos (Figura 3.3), onde em certos locais são utilizados como única fonte alternativa de abastecimento. Estes poços, do tipo cacimba, que as pessoas perfuram na cidade de Quissamã, são vulneráveis a diversos tipos de poluição e/ou contaminação, como: por “fossas sépticas”, por tubulações de esgoto com fissuras, por disposição inadequada de resíduos sólidos, por cemitérios e por muitas outras formas.



(a.1) Poço profundo da Fazenda Machadinha.



(a.2) Poço profundo da Fazenda Vista Alegre.



(b.1) Poço raso de Santa Catarina.



(b.2) Poço raso de Campinas.

Figura 3.3 – (a) Poços profundos. (b) Poços rasos.

Clima

O clima do Município de Quissamã é bastante homogêneo. Predomina em seu território o clima sub-úmido seco. Esta é a única região do estado em que o clima sub-úmido seco ocorre com grande excedente hídrico no verão, favorecendo culturas como a da cana-de-açúcar e do abacaxi.

A temperatura oscila pouco, enquanto as precipitações variam mais. As médias de temperatura variam ao longo do ano entre 20,9° C em julho e 26,6° C em fevereiro. É um regime térmico quente típico de áreas tropicais, onde as temperaturas variam pouco ao longo do ano, com apenas duas estações marcantes, a seca de maio a agosto e a úmida de setembro a abril. (PDDSQ – RJ. Perfil Físico-Geográfico e Ambiental, 2006).

A precipitação apresenta grande variação ao longo do ano. A média pluviométrica do município é em torno de 1445 mm anuais, o que é considerado baixo para a cultura de cana-de-açúcar que demanda um mínimo de 963 mm anuais. (PDDSQ – RJ. Perfil Físico-Geográfico e Ambiental, 2006).

Os ventos dominantes são o Nordeste, seguido pelo Sudoeste e Leste. A média de velocidade do vento predominante (NE) é de 2,2 ms. No verão, a predominância é dos ventos do quadrante Nordeste, Norte e Leste. Durante o inverno predomina o vento Sul.

Geomorfologia

Segundo Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) o município de Quissamã caracteriza-se por cinco divisões presentes no mapa geomorfológico (Figura 3.4):

- **Domínio Suave Colinoso:** Relevo de colinas muito pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos arredondados ou alongados, com expressiva sedimentação de colúvios e alúvios. Ocorrência subordinada de morrotes alinhados. Densidade de drenagem baixa a média com padrão de drenagem variável, de dendrítico a treliça ou retangular. Predomínio de amplitudes topográficas inferiores a 50m e gradientes muito suaves.
- **Planícies Aluviais:** Superfícies sub-horizontais, com gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos canais-tronco.
- **Planícies Costeiras:** Cordões litorâneos constituídos por sedimentos quaternários, arenosos, de origem marinha. Predominam Podzóis Hidromórficos distróficos e Areias Quatzosas Marinhas. A vegetação original era composta por floresta de restinga, restinga arbóreo-arbustiva e campos de restinga. Atualmente estão ocupados por

vegetação de restinga, pastagens, núcleos urbanos e, subordinadamente, por agricultura (plantações de coco).

- **Planícies Flúvio-Lagunares:** Apresentam sedimentos quaternários, argilo-arenosos ou argilosos ricos em matéria orgânica. Ambiente redutor, com Solos Gleis Pouco Húmicos salinos, Gleis Húmicos Tiomórficos e Solos Orgânicos Tiomórficos. Campos halófilos de várzea ocupados por pastagens. Esta subunidade é expressiva no entorno da Lagoa Feia.

- **Tabuleiros:** Superfícies tabulares pouco dissecadas, sustentadas por arenitos e argilitos pouco consolidados, de idade terciária. Amplitudes topográficas inferiores a 50m. Predominam Podzólicos e Latossolos Amarelos álicos. A vegetação original era composta por floresta subcaducifólia, estando ocupados por pastagens, agricultura e, subordinadamente, por núcleos urbanos.

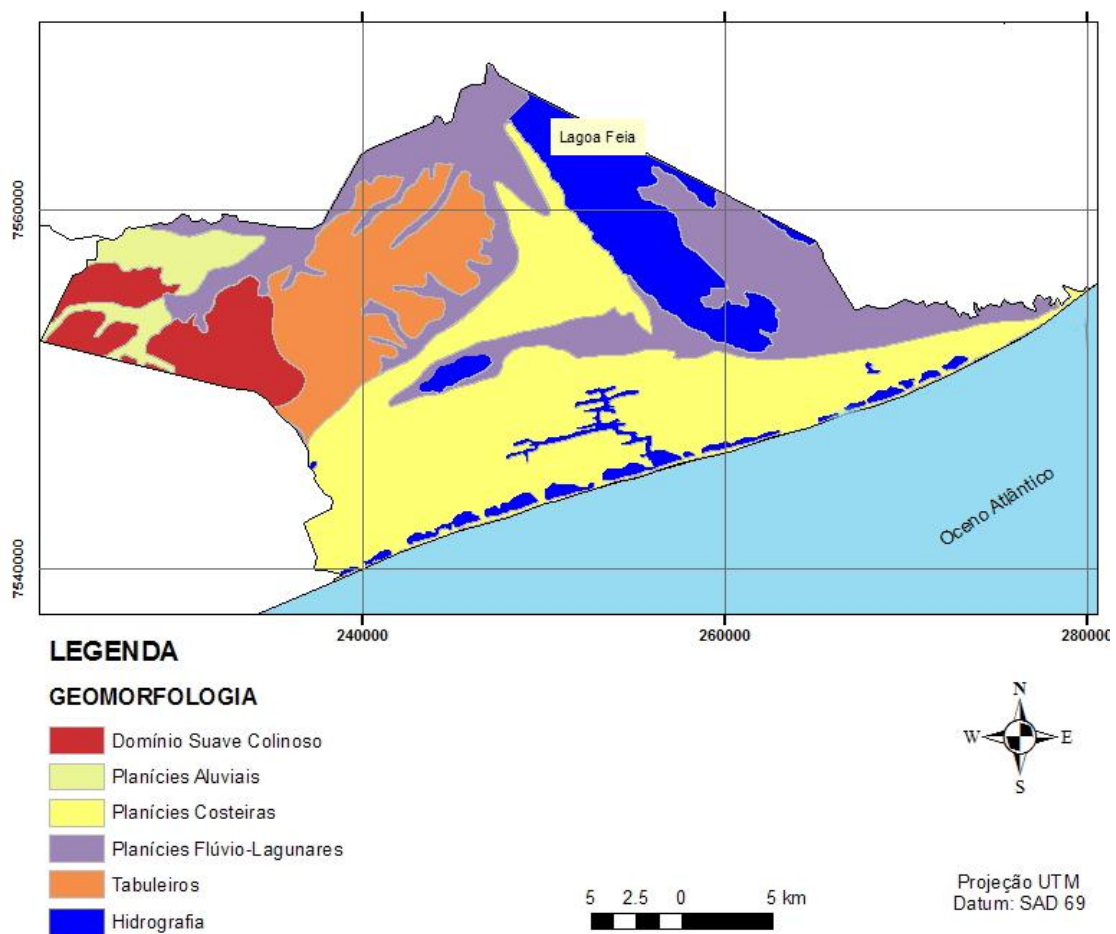


Figura 3.4 – Divisão geomorfológica do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF).

Geologia

Baseado no mapa da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e modificado na Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF, o mapa geológico (Figura 3.5) apresenta a seguinte legenda para a área de estudo:

Quaternário:

- **Depósito Colúvio-Aluvionar:** Depósitos fluviais e flúvio-marinhos areno-siltico-argilosos com camadas de cascalheiras associados à depósitos de tálus e sedimentos lacustrinos e de manguezais retrabalhado.
- **Depósito Flúvio-Lacustrino:** Depósitos de argila rica em matéria orgânica e concentrações localizadas de diatomita, turfas, localmente portadoras de depósitos conchíferos.
- **Depósito Marinho e Flúvio-Marinho:** Depósitos flúvio-marinhos siltico-areno-argilosos, ricos em matéria orgânica, englobando linhas de praia atuais a antigas, além de manguezais.

Terciário:

- **Formação Barreiras:** Depósitos detríticos pobremente selecionados com granulometria cascalho, areia argilo-arenosa e argilas geralmente contendo horizontes lateríticos.

Pré- cambriano:

- **Complexo Região dos Lagos:** Hornblenda-biotita ortognaisse cálcio-alcalino, granodiorítico a tonalítico, com textura granoblástica a porfirítica recristalizada (porfiroclástica) e forte foliação tangencial. Freqüentes veios anatéticos, sintangenciais, de leucossomas graníticos (fusão in situ, bem como paleodiques máficos (anfíbolitos) dobrados. Venulações aplíticas tardias são freqüentes.

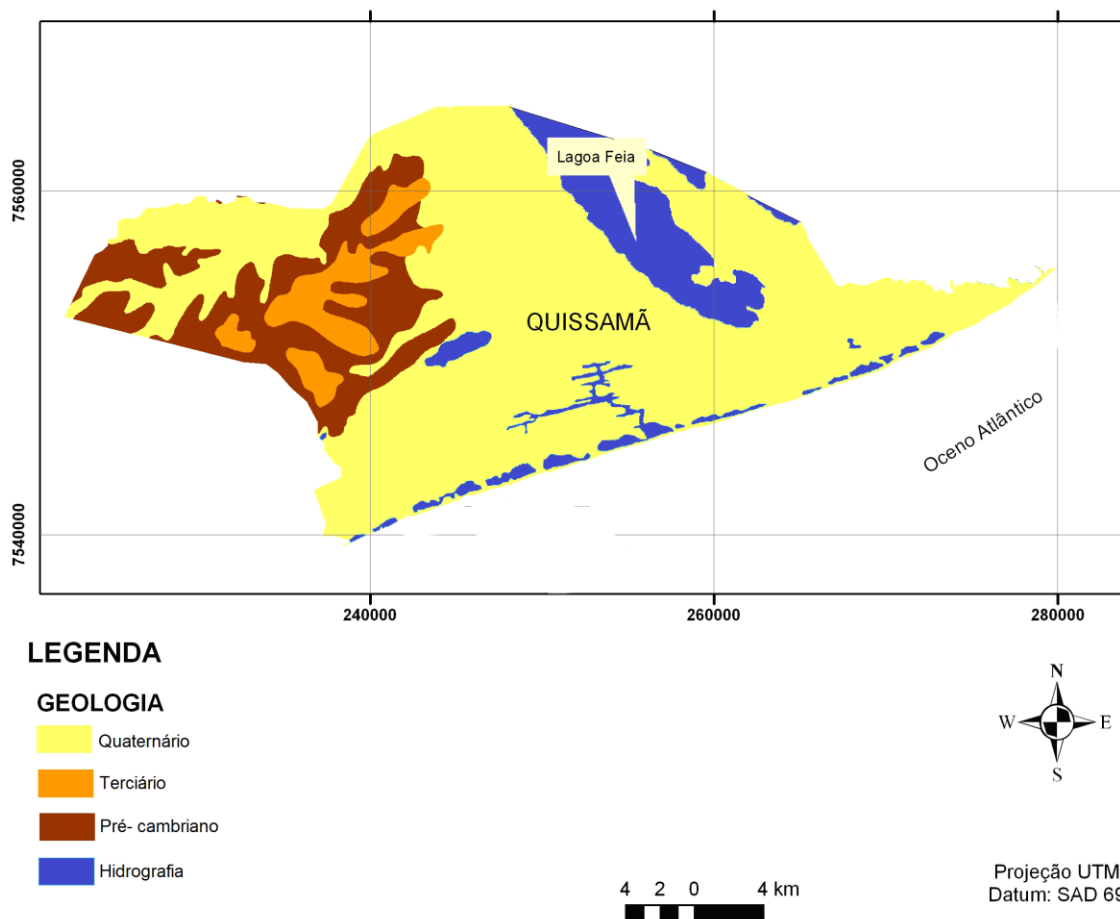


Figura 3.5 – Divisão geológica do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF).

Pedologia

Na área de estudo encontram-se os tipos de solos: Espodossolo, Gleissolo, Organossolo e Argissolo Amarelo (Figura 3.6).

- **Argissolo Amarelo:** Essa classe é constituída por solos com horizonte B textural de coloração amarelada, e baixos teores de Fe_2O_3 , geralmente inferiores a 70g/kg, com predomínio de caulinita na fração argila. São em geral profundos e bem drenados. Como os Argissolos Amarelos, dos quais se diferenciam basicamente pelo elevado gradiente textural que apresentam, esses solos estão também relacionados aos sedimentos do Grupo Barreiras e congêneres. Em geral, ocorrem em relevo suave,

com rampas longas e são por isso bastante utilizados com cana-de-açúcar, pastagens e, em áreas pouco amplas, com cultura de abacaxi.

- **Gleissolo:** Compreende solos minerais, hidromórficos, com horizonte A ou H seguido de horizonte glei, desde que não simultâneo com B textural, B nátrico ou plíntico, excluídos também aqueles com caráter vértico ou com textura arenosa, e ausência de horizonte E. São solos relativamente recentes, pouco evoluídos, e originados de sedimentos de idade quaternária, apresentando, por tanto, grande variabilidade espacial. São subdivididos de acordo com o tipo de horizonte superficial.

Originalmente, esses solos encontravam-se recobertos por vegetação de campo ou floresta de várzea, sendo hoje preservados apenas em poucos locais. Atualmente, são utilizados principalmente com pastagens.

- **Organossolo:** Compreendem solos pouco evoluídos, com preponderância de características devidas ao material orgânico, de coloração preta, cinzenta muito escura ou brunada, resultantes de acumulação de restos de vegetais, em graus variáveis de decomposição, em condições de drenagem restrita (ambientes mal a muito mal drenados), ou em ambientes úmidos de altitudes elevadas, saturados com água por apenas poucos dias durante o período chuvoso. Englobam solos com horizontes de constituição orgânica (H ou O), com grande proporção de resíduos vegetais em grau variado de decomposição, que podem se sobrepor ou estarem entremeados por horizontes ou camadas minerais de espessuras variáveis.

- **Espodossolo:** Essa classe compreende solos constituídos por material mineral, Estão relacionados aos sedimentos arenosos de origem marinha que constituem os cordões litorâneos dispostos em faixas subparalelas ao longo da costa, cuja ocorrência na área de estudo acontece numa pequena gleba nas proximidades da Lagoa Feia e na faixa litorânea do município.

Em sua maior parte, são recobertos por vegetação de restinga do tipo campestre ou arbóreo-arbustiva. São utilizados, em geral, com pastagem natural de baixa qualidade, além de pequenos plantios de coco.

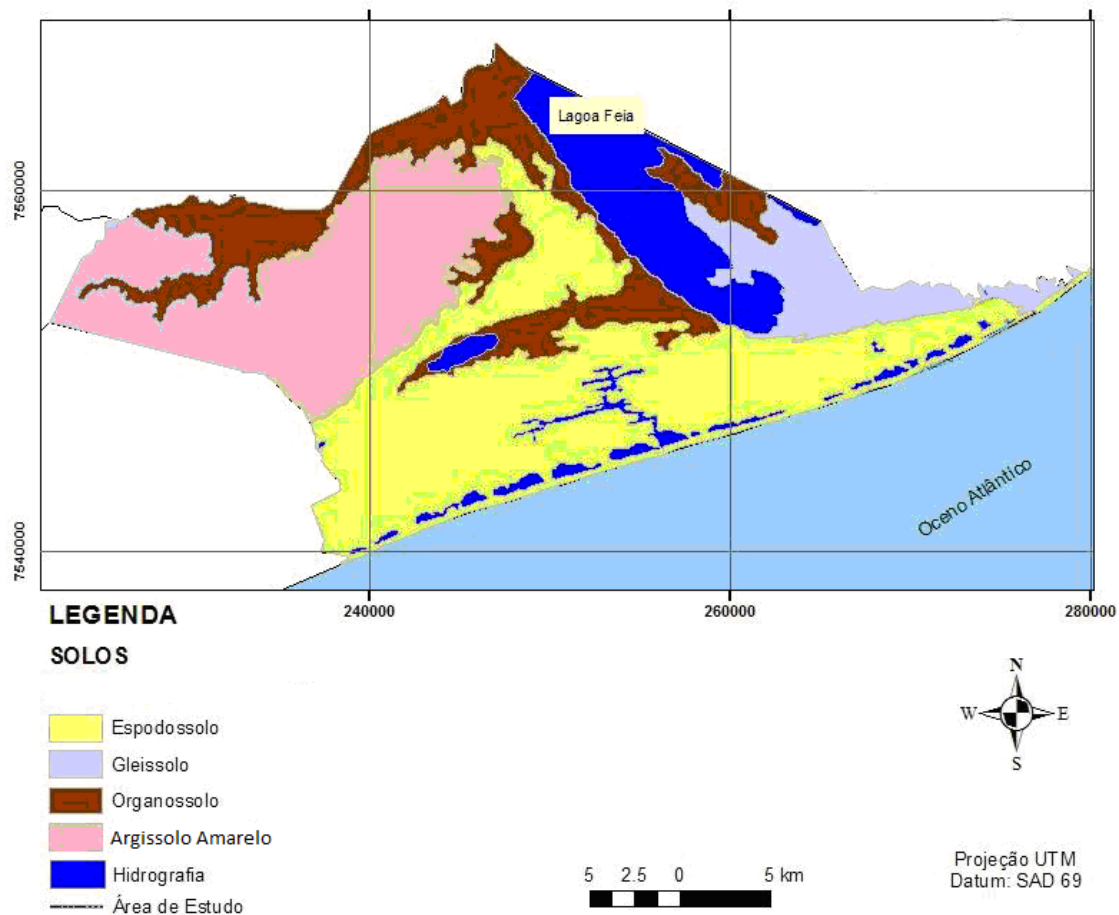


Figura 3.6 – Pedologia do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF).

Vegetação

Na área de estudo encontram-se os tipos de vegetação: Áreas de Formações Pioneiras e Floresta Estacional Semidecidual (Mata Semicaducifolia) (Figura 3.7).

- **Áreas de Formações Pioneiras:** As áreas de vegetação aluvial referem-se a áreas quaternárias recentes, sedimentadas ao longo do litoral, nas margens dos cursos d'água e ao redor de pântanos, lagoas e lagunas. Essas áreas são pedologicamente instáveis e possuem vegetação pioneira, a qual se instala sobre áreas de solos sazonais (Rocha et al., 2003).

- **Floresta Estacional Semidecidual (Mata Semicaducifolia):** Superfícies sub-horizontais, com gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos canais-tronco. Nas porções do bloco com Floresta Estacional Semidecidual, o clima é tropical estacional com duas estações climáticas, uma chuvosa e outra seca, o que condiciona o grau de caducifoliedade do conjunto florestal, 20 a 50% das árvores perdem as folhas durante o período seco (dois a três meses). Isto leva a uma estacionalidade foliar dos elementos arbóreos dominantes, que possuem adaptação fisiológica à deficiência hídrica e/ou à baixa temperatura. Nas áreas tropicais, é composta por mesofanerófitos que revestem, em geral, solos areníticos distróficos. Já nas áreas subtropicais, é composta por macrofanerófitos, pois revestem solos basálticos eutróficos, o araribá (*Centrolobium sp.* - Leguminosae) é citado como espécie típica desta formação. A pecuária e o cultivo da cana-de-açúcar reduziram drasticamente essa formação.

Existe na região uma predominância da floresta submontana, constituída de fragmentos de mata, cercados de pastagens e culturas cíclicas (Rocha et al., 2003). Também é passível de se encontrar a semidecidual das terras baixas, revestindo tabuleiros do Pliopleistoceno da Formação Barreiras.

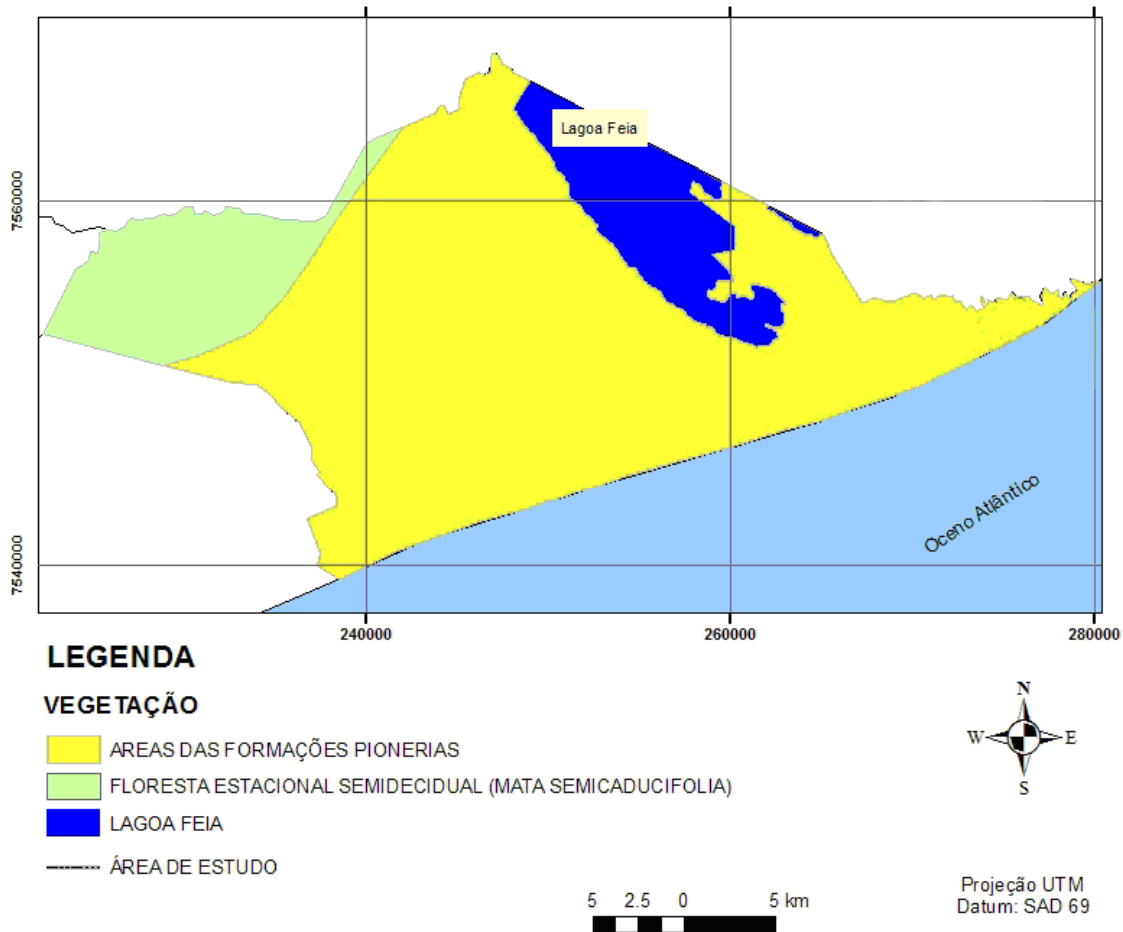


Figura 3.7 – Vegetação do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF).

Águas Subterrâneas e Superficiais

Águas Subterrâneas

A Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) em conjunto com o Departamento de Recursos Minerais do Rio de Janeiro (DRM-RJ) e outras instituições públicas e privadas elaboraram o Mapa de Favorabilidade Hidrogeológica, com o objetivo de propiciar uma visão geral da favorabilidade à utilização da água subterrânea no Estado do Rio de Janeiro.

De acordo com este trabalho na área de estudo encontram-se cinco tipos de unidades aquíferas: São Tomé I, São Tomé II, Formação Barreiras, Alúvio- Lacustre e Cordões, Restingas e Terraços Litorâneos (Figura 3.8).

- **Aquífero São Tomé II:** Arenitos avermelhados, lateríticos, com argilas cálcicas, sobre arenitos consolidados argilosos. Totalmente recobertos por sedimentos quaternários. Aquíferos confinados, com espessura de pelo menos 230m, sobrepostos ao embasamento cristalino e sedimentos mais antigos. Fortemente afetado por falhas normais. Permeabilidade 0,60m/dia, transmissividade média 1,30m/dia e capacidade específica média 1,89m/h/m. Ocorrem águas ferruginosas, TDS entre 200 e 600mg/l.

- **Aquífero São Tomé I:** Arenitos avermelhados, lateríticos, com argilas cálcicas, sobre arenitos consolidados argilosos. Totalmente recobertos por sedimentos quaternários. Aquíferos confinados, com espessura de até 160m, sobrepostos ao embasamento cristalino. Fortemente afetado por falhas normais. Permeabilidade 0,70m/dia, transmissividade média 590m/dia e capacidade específica média 3,00m/h/m. Podem ocorrer águas ferruginosas, TDS entre 500 e 1800mg/l.

- **Aquífero Barreiras:** Argilas lateríticas e areias com óxido de ferro, sobrepostas ao embasamento cristalino. Aquíferos livres, pouco produtivos, vazões máximas na ordem de 2m/h e capacidade específica média de 0,33m/h/m. Águas normalmente ferruginosas.

- **Aquífero Alúvio-Lacustre:** Areias e argilas intercaladas com matéria orgânica, intensa variação composicional. Aquíferos livres, sobrepostos tanto ao embasamento cristalino quanto a sedimentos mais antigos. Espessuras em torno de 20m, com importância hidrogeológica local. Podem atingir localmente espessuras da ordem de 100m, como nos aluviões dos rios Macacu, Guandú, Guapiaçu, Macaé e Iguaçú tendo um maior potencial, vazões superiores a 10m/h. Água normalmente de boa qualidade a levemente ferruginosa.

- **Aquífero Cordões, Restingas e Terraços Litorâneos:** Areias razoavelmente selecionadas, com matriz síltica a argilosa, granulometria fina a grossa. Aproveitamento restrito.

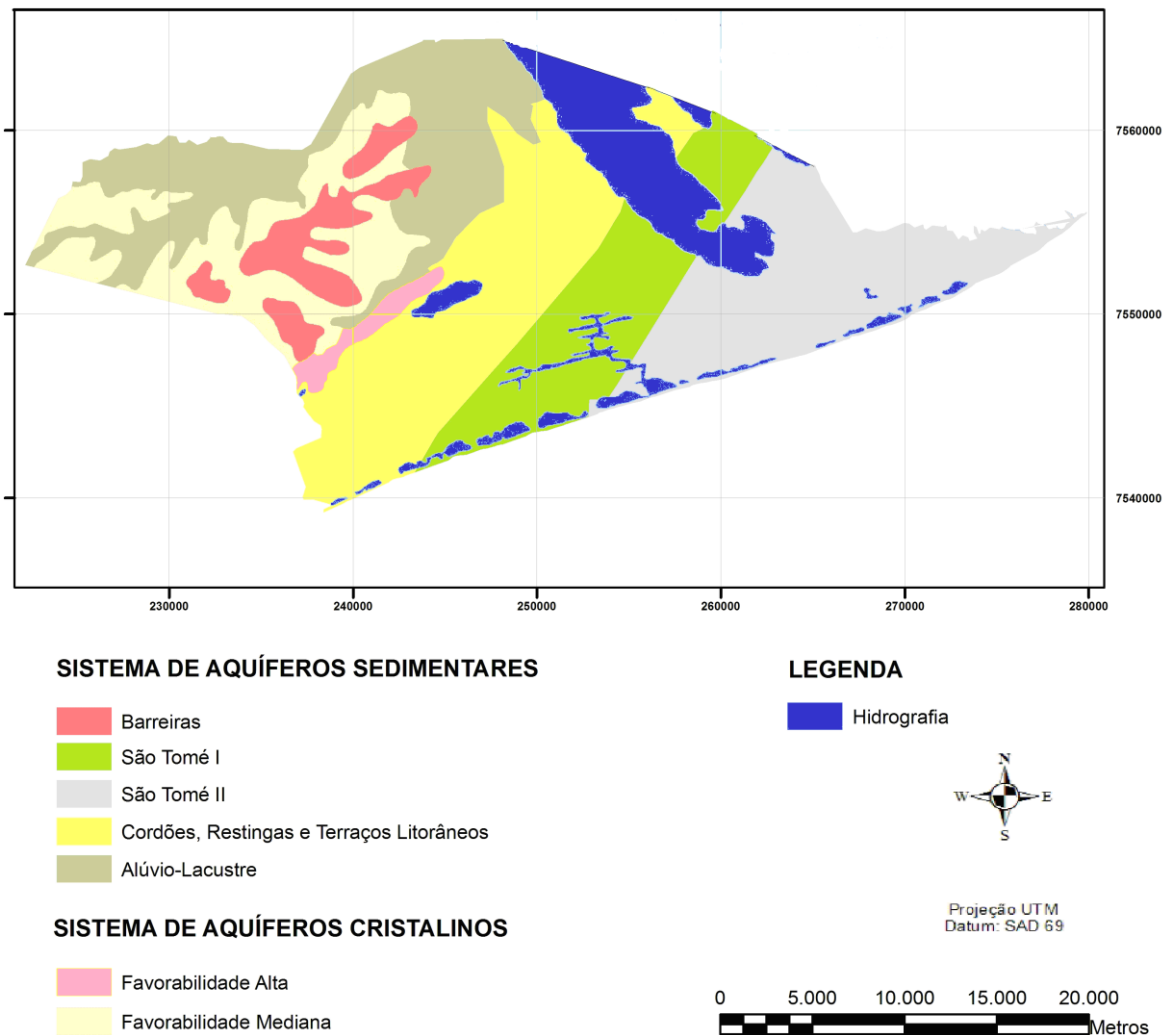


Figura 3.8 – Unidades aquíferas do município de Quissamã (Fonte: CPRM, 2001. Modificado: Oficina de Geologia e Geoprocessamento- OFIGEO/UENF).

Águas Superficiais- Lagoas e Rios

O município de Quissamã possui uma grande área de águas superficiais, como as lagoas: Feia, Ribeira, Paulista e Preta e ao longo do litoral as pequenas lagoas: Piri-piri, Maria Menina, Robalo, Visgueiro, Pires, Casa Velha e Carrilho. Os rios: Macabu, do Meio, Iguaçu, Carrapato e os canais: Campos X Macaé e das Flechas (Figura 3.9).



Figura 3.9 - Canal Campos X Macaé e Comportas do Canal das Flechas.

Desde o início do século XX, a Lagoa Feia (Figura 3.10) era conhecida, como o corpo d'água regulador de uma vasta região hidrográfica, constituída por dezenas de lagoas interconectadas por uma complexa rede de canais. A Lagoa Feia foi a maior do Estado do Rio de Janeiro até 1949, data de conclusão do Canal das Flechas. Sua superfície superava a Lagoa de Araruama, sendo pouco inferior à da Baía de Guanabara. Da Lagoa Feia afluem os Rios Ururaí e Macabu e uma intrincada rede de canais de drenagem e córregos. O Rio Ururaí, além de ligar a Lagoa Feia com a Lagoa de Cima é o desaguadouro indireto dos rios Imbé, Urubu e Preto.

O nível da Lagoa Feia, na atualidade, é regulado pelas comportas do Canal das Flechas, operadas pelas prefeituras de Campos dos Goytacazes e Quissamã.



Figura 3.10 – Foto da Lagoa Feia.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Terra- Planeta Água

Aproximadamente 3/4 da superfície da Terra encontra-se coberta pelas águas num volume de aproximadamente 1.385.984.610 km³. Deste total, 97,5% constitui-se de água salgada e apenas 2,5% em água doce, ou seja: 1,351 bilhões km³ e 34,6 milhões km³, respectivamente (Borguetti, 2004).

Segundo Borguetti (2004), do total do volume de água doce (34,6 milhões km³) do planeta, cerca de 31,1% (10,5 milhões de km³) pode ser utilizada para a vida vegetal e animal nas terras emersas, pois 68,9% encontram-se nas calotas polares, geleiras e solos gelados (Figura 4.1).

Dos 10,5 milhões de km³ de água doce, cerca de 29,9% (10,34 milhões de km³), corresponde à parcela de água subterrânea, e apenas 92,2 mil km³ (0,3%) corresponde ao volume de água doce superficial (rios e lagos) (Borguetti, 2004).

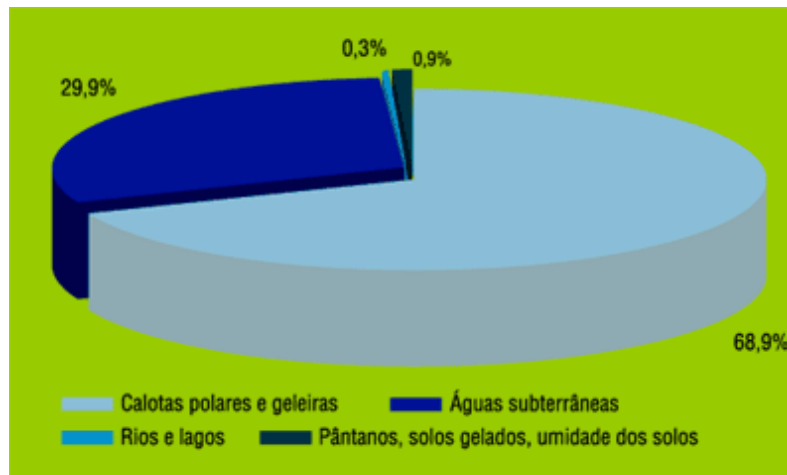


Figura 4.1 – Distribuição relativa das águas doces no planeta (Borguetti, 2004).

A América do Sul e a Ásia (Figura 4.2) concentram os maiores potenciais de recursos hídricos do mundo, com 12.379 e 11.727 km³/ano, respectivamente, seguidas pela América do Norte com 7.480 km³/ano e a Europa com 6.631 km³/ano. Os menores potenciais encontram-se na África, Oceania e América Central (3.950, 1.711 e 781 km³/ano, respectivamente). (Borguetti, 2004).

Entretanto, os maiores volumes de recursos hídricos renováveis do mundo estão concentrados em seis países do mundo: Brasil, Rússia, USA, Canadá, China e Indonésia.

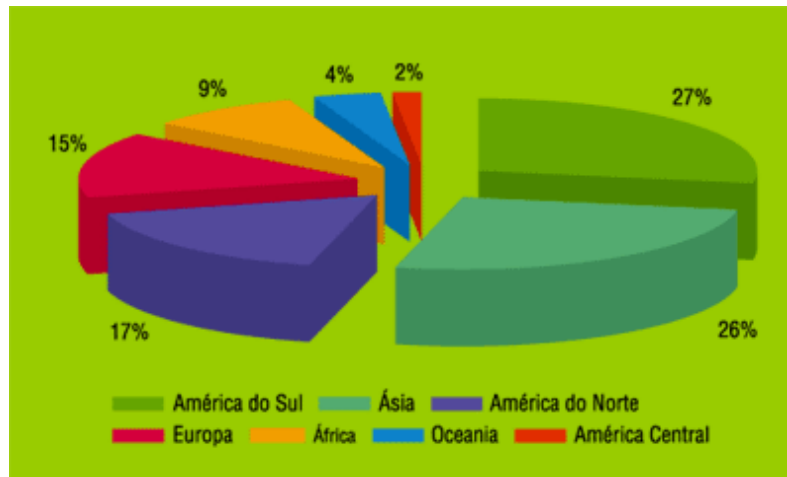


Figura 4.2 – Distribuição relativa dos recursos hídricos renováveis no planeta-2000 (Borghetti, 2004).

A disponibilidade de água em todos os continentes tende a diminuir cada vez mais, demonstrando a real necessidade de se rever o sistema de consumo e a solução do problema de disponibilidade em curto prazo.

A conscientização da sociedade e a sua participação na preservação dos recursos hídricos, associada ao controle do crescimento populacional, poderiam representar, em curto prazo, medidas prioritárias para evitar a escassez de água nos próximos anos.

4.2 Água Subterrânea

Água subterrânea é toda a água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas, e que sendo submetida a duas forças (de adesão e de gravidade) desempenha um papel essencial na manutenção da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. As águas subterrâneas cumprem uma fase do ciclo hidrológico (Figura 4.3), uma vez que constituem uma parcela da água precipitada (Borghetti, 2004).

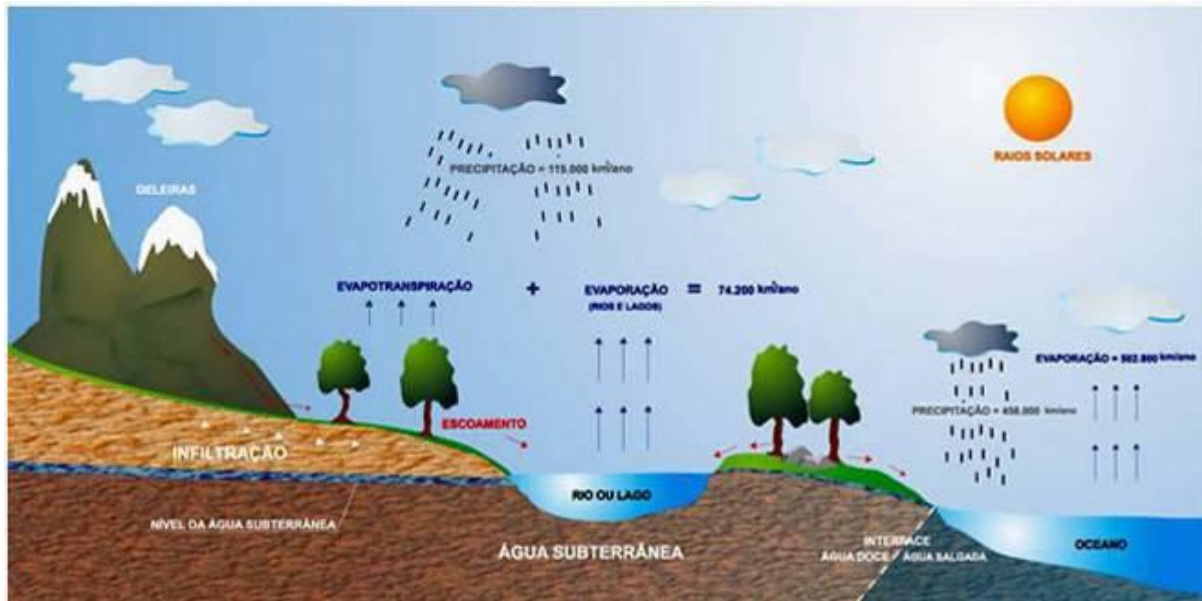


Figura 4.3 – Ciclo hidrológico (Borghetti, 2004).

Após a precipitação, parte das águas que atinge o solo se infiltra e percola no interior do subsolo, durante períodos de tempo extremamente variáveis, decorrentes de muitos fatores:

- Porosidade do subsolo: a presença de argila no solo diminui sua permeabilidade, não permitindo uma grande infiltração;
- Cobertura vegetal: um solo coberto por vegetação é mais permeável do que um solo desmatado;
- Inclinação do terreno: em declividades acentuadas a água corre mais rapidamente, diminuindo a possibilidade de infiltração;
- Tipo de chuva: chuvas intensas saturam rapidamente o solo, ao passo que chuvas finas e demoradas têm mais tempo para se infiltrarem.

4.3 Aquíferos

Segundo Oliveira e Brito (1998), os materiais naturais podem ser classificados em quatro grupos de acordo com a menor ou maior facilidade de armazenar e liberar águas subterrâneas. São eles: os aquícludes, os aquíferos, os aquíferos livres e os aquíferos confinados. Desses quatro, serão enfatizadas as características dos aquíferos, objeto deste estudo.

Um aquífero pode ter extensão de poucos quilômetros quadrados a milhares de quilômetros quadrados, ou pode, também, apresentar espessuras de poucos metros a centenas de metros (Rebouças et al., 2002). Etimologicamente, aquífero significa: aqui = água; fero = transfere; ou do grego, suporte de água (Heinen et al., 2003).

Os aquíferos são materiais ou rochas que têm capacidade de transmitir e armazenar água em quantidades utilizáveis e podem ser classificados como: livres, semiconfinados e confinados (Figura 4.4).

Os aquíferos livres ocorrem em contato direto com a superfície e o nível d'água subterrâneo, também chamado freático, está a pressões iguais a atmosfera. Os aquíferos semiconfinados possuem camadas confinantes que permitem a passagem lenta de água. Os aquíferos confinados são recobertos por uma camada de baixa permeabilidade. Nos dois últimos casos o nível d'água, também chamado piezométrico, está a pressões superiores a atmosfera.



Figura 4.4 – Nível de pressão nos aquíferos (Borguetti, 2004).

Existem três tipos básicos de aquíferos de acordo com a formação rochosa na qual está contido (Figura 4.5):

- Aquíferos Porosos:

Constituem os mais importantes aquíferos, pelo grande volume de água que armazenam, e por sua ocorrência em grandes áreas. Estes aquíferos ocorrem nas bacias sedimentares e em todas as várzeas onde se acumularam sedimentos arenosos.

- Aquíferos fraturados ou fissurados:

Ocorrem em rochas ígneas e metamórficas. A capacidade destas rochas em acumularem água está relacionada à quantidade de fraturas, suas aberturas e intercomunicação. No Brasil a importância destes aquíferos está muito mais em sua localização geográfica, do que na quantidade de água que armazenam. Poços perfurados nestas rochas fornecem poucos metros cúbicos de água por hora.

- Aquíferos cársticos:

São os aquíferos formados em rochas carbonáticas. Constituem um tipo peculiar de aquífero fraturado, onde as fraturas ocorrem devido à dissolução do carbonato pela água. Podem atingir aberturas muito grandes, criando, neste caso, verdadeiros rios subterrâneos. É comum em regiões com grutas calcárias, ocorrendo em várias partes do Brasil.

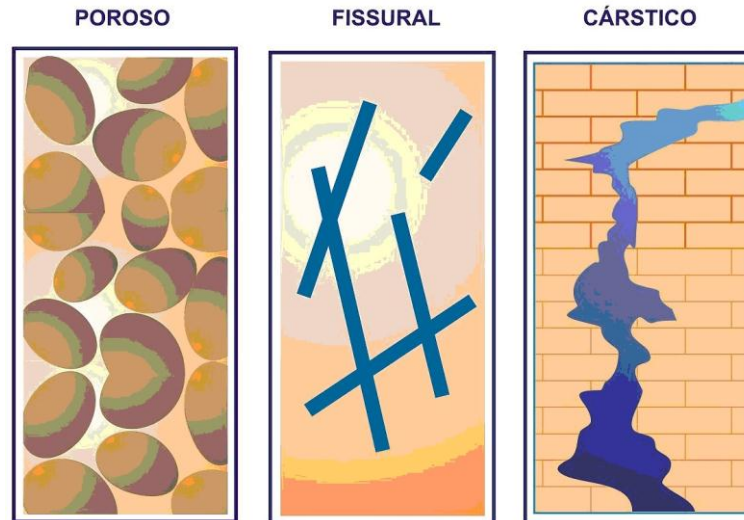


Figura 4.5 - Tipos de aquíferos quanto à porosidade (Borgetti, 2004).

4.4 Captação de Água Subterrânea

A captação de água subterrânea tem um custo por vezes elevado e, portanto não deve ser feita sem critérios. Deve-se levar em consideração os fatores naturais que condicionam a distribuição e concentração da água subterrânea em certos locais; esse procedimento visa melhorar o rendimento e a vazão do poço (Capucci et al, 2001).

A construção de um poço requer conhecimentos das condições hidrogeológicas, hidrodinâmicas e físico-químicas da formação geológica a ser explorada.

O poço doméstico é qualquer captação rasa aproveitando essencialmente o lençol freático (aquíferos livres), construído manualmente, utilizando-se revestimento de anéis de concreto ou tubos PVC de pequeno diâmetro. Esse tipo de poço é conhecido por cacimba, cacimbão, amazonas, caipira, tubular ou “*artesiano*” (dito popular) ou simplesmente poço e abastece as populações de periferia e do interior, geralmente desprovidas de rede abastecimento de água e esgoto (Figura 4.6 e Figura 4.7).



Figura 4.6 – Poço cacimba localizado na área de estudo.



Figura 4.7 – Poço tubular localizado na área de estudo.

Os poços profundos são perfurados com máquinas, com profundidades que variam de 30 a 1000 metros. A perfuração demanda conhecimento técnico especializado. Os poços artesanais captam água de aquíferos confinados (Figura 4.8).



Figura 4.8 – Poço profundo localizado na área de estudo.

4.5 Qualidade da Água Subterrânea

A qualidade das águas subterrâneas se dá, a princípio, pela dissolução dos minerais presentes nas rochas que constituem os aquíferos por ela percolados, podendo ter influência de outros fatores como composição da água de recarga, tempo de contato água/meio físico, clima e até mesmo a poluição causada pelas atividades humanas (Capucci et al, 2000).

A Portaria do Ministério da Saúde nº 518 (2004) constitui-se na principal legislação brasileira vigente na área para estabelecer limites para diversos parâmetros físico-químicos e biológicos.

Segundo Santos (2000) a qualidade da água refere-se a um padrão semelhante ao encontrado nos rios e nascentes antes da ação do homem. O grau de pureza desejável depende do uso a que se destine e assim devem ser consideradas as propriedades das águas.

Enquadram-se nas características das propriedades físicas os seguintes aspectos: temperatura, cor, odor, sabor, turbidez e sólidos em suspensão.

Dentre as propriedades iônicas consideram-se: condutividade elétrica, dureza, alcalinidade, pH, sólidos totais dissolvidos, demanda química de oxigênio e demanda bioquímica de oxigênio.

As propriedades biológicas são analisadas sob o ponto de vista de organismos patogênicos que não existem na água em condições ditas naturais. Esses seres são normalmente habitantes do próprio organismo humano e são eliminados por fezes, veículo dos seres patogênicos para a água (Tood, 1967).

4.6 Contaminação da Água Subterrânea

A água subterrânea em grandes profundidades apresenta geralmente excelentes características químicas e físicas, sendo apta para o consumo humano, muitas vezes sem tratamento prévio. O que coloca em risco a saúde da população é a contaminação.

Filho (2000) define *contaminação* como a alteração da água referente aos organismos patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas, que, quando encontradas em grandes teores são prejudiciais ao homem conceito distinto de *poluição* definida como uma alteração artificial da qualidade físico-química da água, suficiente para superar os limites ou padrões preestabelecidos para determinado fim.

A distribuição espacial da contaminação pode ser:

Pontual: quando a fonte pontual está concentrada numa pequena superfície como por exemplo um poço tubular.

Difusa: quando a fonte de contaminação se estende mesmo com baixa concentração sobre uma grande superfície, por exemplo: sistemas de saneamento in situ e atividades agrícolas.

Entre os compostos inorgânicos, o nitrato é contaminante de ocorrência mais ampla em aquíferos. As fontes mais comuns deste contaminante são os sistemas de saneamento in situ e a aplicação de fertilizantes nitrogenados na agricultura. A preocupação ambiental associada ao nitrato está no fato dele possuir mobilidade e persistência em condições aeróbicas.

Os microrganismos patogênicos também são bastante comuns nas águas subterrâneas sendo indicadores de contaminação recente.

A atenuação de contaminantes não é a mesma para todos os aquíferos. Algumas unidades oferecem melhor proteção que outras, devido às suas características litológicas (Hirata, 1994).

Várias são as fontes potencialmente capazes de fornecer substâncias poluentes para as águas, tais como: saneamento in situ, cemitérios, atividades agrícolas e tanques enterrados.

4.6.1 Saneamento In Situ

Os sistemas de saneamento in situ de esgotamento sanitário como fossas sépticas, fossas negras entre outras, são utilizadas para a disposição de efluentes domésticos em zonas rurais, vilas e pequenas cidades a um custo bastante reduzido comparativamente a redes de esgoto e estações de tratamento de efluentes (Hirata, 2000).

O risco de contaminação existirá em situações onde não há saneamento básico ou quando a rede de esgoto é deficiente, porém sem uma investigação específica é impossível determiná-lo (Foster e Hirata, 1991).

Os sistemas de saneamento in situ ou aquelas que infiltram os efluentes diretamente no solo são as atividades mais importantes no contexto latino americano.

Em estudos de grandes escalas não é possível avaliar dados pontuais da carga contaminante gerada pela falta de saneamento. O que se pode estimar é o risco potencial baseado na densidade populacional e na extensão coberta por esgoto.

4.6.2 Cemitérios

Após a morte, o corpo humano sofre putrefação, que é a destruição dos tecidos do corpo por ação das bactérias e enzimas, resultando na dissolução gradual dos tecidos em gases, líquidos e sais (Matos, 2001).

Nos cemitérios (Figura 4.9) as águas subterrâneas podem ser contaminadas pelo necrochorume – nome que designa o líquido liberado intermitentemente pelos cadáveres em putrefação e que pode conter microrganismos patogênicos – transportado pelas chuvas infiltradas nas covas ou pelo contato dos corpos com a água subterrânea.



Figura 4.9 – Fonte potencialmente poluidora da área de estudo: cemitério.

4.6.3 Atividades Agrícolas

Algumas práticas de uso do solo são capazes de causar contaminação de águas subterrâneas por nutrientes ou pesticidas, especialmente em áreas com solos de pouca espessura e textura arenosa.

O comportamento pouco conhecido de agrotóxicos (herbicidas, inseticidas, fungicidas e outros) em subsuperfície associado às baixas concentrações e a sua ampla aplicação, faz das atividades agrícolas (Figura 4.10) umas das mais difíceis de serem avaliadas em termos de riscos hidrogeológicos (Foster e Hirata, 1991).



Figura 4.10 – Fonte potencialmente poluidora da área de estudo: plantação de cana-de-açúcar.

4.6.4 Tanques de Combustíveis Enterrados

Um dos mais freqüentes casos de contaminação de aquíferos em centros urbanos refere-se a tanques enterrados contendo líquidos perigosos, como os combustíveis (Hirata, 2000).

O grande número de contaminações por postos (Figura 4.11) decorre: da quantidade de empreendimentos existentes em centros urbanos, da estocagem de produtos perigosos e altamente tóxicos e da dificuldade de detecção de vazamentos em tanques subterrâneos.

O vazamento de tanques e tubulações, a falta de cuidado na carga e descarga de produtos é alguns dos possíveis vetores de contaminação (Hirata, 2000).



Figura 4.11 – Fontes potencialmente poluidoras da área de estudo: postos de gasolina.

4.7 Hidroquímica

O estudo hidroquímico tem por finalidade identificar e quantificar as principais propriedades e constituintes das águas, enquanto em correlação com a geoquímica pode-se relacionar estes parâmetros ao meio físico no qual ela se encontra. Esta avaliação terá como enfoque sempre o uso para o qual se destina a água analisada; por vezes este foco é perdido em benefício de uma ponderação que se preocupa apenas com os aspectos quantitativos do aquífero, em detrimento do respeito às suas especificidades químicas (Custódio e Lamas, 1983).

O conjunto de todos os elementos que compõem a água permite estabelecer padrões de qualidade, classificando-a, assim, de acordo com seus limites estudados e seus usos para consumo humano ou agrícola, entre outros.

4.7.1. Principais Propriedades

Devido à sua estrutura molecular dipolar a água é um forte solvente (solvente universal). Nas águas naturais este poder de dissolução é muito aumentado pela presença de ácido carbônico, formado pelo gás carbônico dissolvido, e ácidos orgânicos, principalmente húmicos, produzidos pela atividade dos seres vivos ao nível do solo. Num país tropical como o Brasil a abundância de água (umidade) e seu conteúdo em ácidos coloca-se como o principal responsável pelo intemperismo das rochas, dando origem a mantos de decomposição (regolito) com espessura de dezenas de metros. Todas as águas naturais possuem, em graus distintos, um conjunto de sais em solução, sendo que as águas subterrâneas possuem, em geral, teores mais elevados dos que as águas superficiais, por estarem intimamente expostas aos materiais solúveis presentes no solo e nas rochas. A quantidade e tipo de sais presentes na água subterrânea dependerá do meio percolado, do tipo e velocidade do fluxo subterrâneo, da fonte de recarga do aquífero e do clima da região. Em áreas com alto índice pluviométrico a recarga constante dos aquíferos permite uma maior renovação das águas subterrâneas, com a conseqüente diluição dos sais em solução. Diferentemente, em climas áridos a pequena precipitação leva a uma salinização na superfície do solo através da evaporação da água que sobe por capilaridade. Por ocasião das chuvas mais intensas os sais mais solúveis são carregados para as partes mais profundas do aquífero aumentando sua salinidade. Isto

é o que acontece no Nordeste Brasileiro, onde, em muitas áreas, o problema consiste muito mais na salinização excessiva da água do que na inexistência da mesma. As baixas velocidades de percolação presentes na maioria das condições geológicas favorecem o enriquecimento das águas subsuperficiais pelos minerais lixiviados da litologia na qual ela encontra-se inserida.

Podem ser identificados alguns grandes grupos de propriedades nas águas: físicas, iônicas, constituintes iônicos principais e secundários, constituintes tóxicos e carcinógenos e gases dissolvidos.

Propriedades Físicas

A temperatura, cor, odor, sabor, turbidez e sólidos em suspensão constituem características físicas e organolépticas da água, cuja fundamental interpretação reside em se tratarem de aspectos que carregam certa subjetividade quanto a serem parâmetros para o consumo humano (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 – Propriedades Físicas.

| | Características |
|-----------------------------|---|
| Temperatura | - Parâmetro físico medido durante a amostragem; - Costuma ser mais baixa do que a ambiente, mas em alguns casos pode ser mais elevada. |
| Cor | - Resulta de substâncias dissolvidas. - Sua medida é por comparação com solução padrão de Pt-Co ou disco colorido. |
| Odor | - Extremamente subjetivo. - Importante para o consumo humano. |
| Sabor | - Assim como o odor é carregado de subjetividade e é basicamente um elemento de seleção entre humana. |
| Turbidez | - Mede-se com turbidímetro, em Unidades Nefelométricas de Turbidez (UNT) ou Formazin Turbidity Unit (FTU) |
| Sólidos em suspensão | - Indica a carga sólida em suspensão, medida em mg/L. |

Por serem duas sensações que se manifestam conjuntamente, o odor e o sabor são de difícil separação. Como o paladar humano tem sensibilidade distinta para os diferentes sais, poucos miligramas por litro de alguns sais são detectáveis, caso do ferro e do cobre por exemplo, enquanto que várias centenas de miligramas de cloreto de sódio não é apercebida (Tabela 4.2).

Tabela 4.2 – Substâncias dissolvidas e propriedades organolépticas.

| | |
|--|------------------------------------|
| Bicarbonato de Sódio (Na H CO_3) | - Ligeiramente salgado a doce |
| Carbonato de Sódio ($\text{Na}_2 \text{CO}_3$) | - Amargo e salgado |
| Cloreto de Cálcio (Ca Cl_2) | - Fortemente amargo |
| Cloreto de Magnésio (MgCl_2) | - Amargo e doce |
| Cloreto de sódio (NaCl) | - Salgado |
| Gás Carbônico (CO_2) | - Adstringente, picante |
| Sulfato de Cálcio (Ca SO_4) | - Ligeiramente amargo |
| Sulfato de Magnésio (Mg SO_4) | - Ligeiramente amargo em saturação |
| Sulfato de Sódio ($\text{Na}_2 \text{SO}_4$) | - Ligeiramente salgado |

Propriedades Iônicas

Entre as propriedades iônicas avaliadas na água estão a condutividade elétrica, a dureza, a alcalinidade, o potencial hidrogeniônico (pH), o resíduo seco, os sólidos totais dissolvidos (TDS), as demandas química e bioquímica de oxigênio (DQO e DBO, respectivamente) (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 – Propriedades Iônicas.

| | Unidades | Características |
|---|--|---|
| Condutividade elétrica | Siemens/cm | - Ligada à capacidade da água de conduzir eletricidade; Está diretamente relacionada ao teor de sais dissolvidos. |
| Dureza | mg/L de CaCO ₃ | - O efeito do cálcio e do manganês presentes podem neutralizar o sabão. |
| Alcalinidade | ° Francês ou mg/L de CaCO ₃ | - Capacidade de neutralizar ácidos. |
| pH | Adimensional Escala de 1 a 14 | - Concentração hidrogeniônica. |
| Resíduo Seco (RS) | mg/L | - Peso dos sais resultantes da evaporação de um litro de água. A soma de cátions, ânions e colóides subtraídos de metade do HCO ₃ deve ser aproximadamente igual ao RS. |
| Sólidos totais dissolvidos (TDS) | mg/L | - Peso total dos constituintes minerais presentes na água, por unidade de volume. |
| Demanda química de oxigênio | mg/L | - Capacidade de uma água consumir oxigênio durante processos químicos. |
| Demanda bioquímica de oxigênio | mg/L | - Medida da quantidade de oxigênio necessária para consumir a matéria orgânica contida na água, mediante processos biológicos aeróbicos. |

Constituintes Iônicos Principais

Nas águas subterrâneas, a grande maioria das substâncias dissolvidas encontra-se no estado iônico. Alguns destes constituintes iônicos, os principais, estão presentes em quase todas as águas subterrâneas e a sua soma representa a quase totalidade dos íons presentes.

As águas subterrâneas tendem a ser mais ricas em sais dissolvidos do que as águas superficiais. As quantidades presentes refletem não somente os substratos rochosos percolados mas variam também em função do comportamento geoquímico dos compostos químicos envolvidos. Como há sensíveis variações nas composições químicas das rochas, é de se esperar uma certa relação entre sua composição da água e das rochas preponderantes na área. É necessário, contudo, frisar que o comportamento geoquímico dos compostos e elementos é o fator preponderante na sua distribuição nas águas. Desta forma o sódio e o potássio, dois elementos que ocorrem com concentrações muito próximas na crosta continental (Tabela 4.4) participam em quantidades sensivelmente diferentes nas águas subterrâneas.

Tabela 4.4 – Concentrações dos elementos na crosta continental.

| | | | |
|------------------|--------|----------------|---------|
| SiO ₂ | 61,9 % | Bário (Ba) | 425mg/L |
| TiO ₂ | 0,8 % | Estrôncio (Sr) | 375mg/L |

| | | | |
|--------------------------------|--------|---------------|-----------|
| Al ₂ O ₃ | 15,6 % | Zircônio (Zr) | 165mg/L |
| Fe ₂ O ₃ | 2,6 % | Cobre (Cu) | 55mg/L |
| FeO | 3,9 % | Escândio (Sc) | 22mg/L |
| MnO | 0,1 % | Chumbo (Pb) | 12,5mg/L |
| MgO | 3,1 % | Urânio (U) | 2,7mg/L |
| CaO | 5,7 % | Mercúrio (Hg) | 0,08mg/L |
| Na ₂ O | 3,1 % | Prata (Ag) | 0,07mg/L |
| K ₂ O | 2,9 % | Ouro (Au) | 0,004mg/L |
| P ₂ O ₅ | 0,3 % | | |

Bário (Ba)

O Bário é um elemento raro nas águas naturais, em teores de 0,0007 a 0,9 mg/L. As principais fontes naturais são: Intemperismo e erosão de depósitos naturais, normalmente veios, onde ocorre na forma de barita (Ba SO₄), ou feldspatos ricos em Ba. Entre as atividades humanas que introduzem bário no meio ambiente, podemos citar: Perfuração de poços, onde é empregado em lamas de perfuração; produção de pigmentos, fogos de artifício, vidros e defensivos agrícolas. É um elemento muito tóxico acima deste teor. Sua ingestão provoca elevação da pressão sanguínea, por vasoconstrição e bloqueio do sistema nervoso.

Cádmio (Ca)

Normalmente está presente nas águas naturais em pequenas concentrações, geralmente inferiores a 0,001 mg/L. As principais fontes humanas de liberação de cádmio são: Combustíveis fósseis, pigmentos, baterias, soldas, equipamentos eletrônicos, lubrificantes, acessórios fotográficos, defensivos químicos, corrosão de tubos galvanizados e refinarias de minérios. É um metal de elevado potencial tóxico, que se acumula em organismos aquáticos, o que possibilita sua entrada na cadeia alimentar, podendo chegar ao homem. Sua ingestão provoca disfunção renal, hipertensão, arterosclerose, inibição no crescimento, doenças crônicas em idosos e câncer.

Cálcio (Ca⁺)

O teor de cálcio nas águas subterrâneas varia, de uma forma geral, de 10 a 100mg/L. As principais fontes de cálcio são os plagioclásios cálcicos, calcita, dolomita, apatita, entre outros. O carbonato de cálcio é muito pouco solúvel em água pura. O cálcio ocorre nas águas na forma de bicarbonato e sua solubilidade está em função da quantidade de gás carbônico dissolvido. A quantidade de CO₂ dissolvida depende da temperatura e da pressão, que são, portanto, fatores que vão determinar a solubilidade do bicarbonato de cálcio. A reação resultante é a seguinte: $Ca CO_3 + CO_2 + H_2O \rightarrow Ca (CO_3)_2 H_2$

Toda variação de temperatura e de pressão que levam à modificação do CO₂ dissolvido na água refletirá sobre seu conteúdo em Ca. No caso das águas subterrâneas estas variações ora levam à solubilização do carbonato de cálcio, ora levam à sua precipitação. A incrustação de um filtro de poço por Ca CO₃ é uma das conseqüências deste processo. O cálcio é o principal elemento responsável pela dureza de uma água.

Chumbo (Pb)

Apesar de não ser um elemento comum nas águas naturais, o chumbo tem sido responsável por sérios problemas de intoxicação, devido ao fato de que é introduzido facilmente no meio ambiente a partir de uma série de processos e produtos humanos, tais como: encanamentos e soldas, plásticos, tintas, pigmentos, metalurgia. Em países em que o chumbo tetraetila é adicionado à gasolina, esta é uma das principais fontes de poluição por este elemento. No Brasil, seu uso na gasolina foi substituído por álcool etílico. Recentemente a imprensa noticiou a presença de chumbo na água de abastecimento do bairro de Copacabana, oriundo de antigos encanamentos de chumbo.

É um metal que tem efeito cumulativo no organismo, provocando uma doença crônica chamada saturnismo, hoje mais comum em trabalhadores que estão muito expostos à contaminação. No passado a taxa de intoxicação era muito elevada devido ao uso de canecas e vasilhames de chumbo. Os efeitos da intoxicação por chumbo são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória. A intoxicação aguda caracteriza-se pela sede intensa, sabor metálico na boca, inflamação gastro-intestinal, vômitos e diarreias. Em crianças, o chumbo provoca retardamento físico e mental, perda da concentração e diminuição da capacidade cognitiva. Em adultos são comuns problemas nos rins e aumento da pressão arterial.

Análises realizadas em amostras de cabelo de Beethoven, o grande compositor alemão, detectaram chumbo em níveis 60 vezes superiores ao comum. Alguns pesquisadores acreditam que uma intoxicação aguda por chumbo pode explicar muitas das dores que Beethoven sentia e do seu comportamento irritadiço e solitário.

No sul do Estado de São Paulo e norte do Estado do Paraná, na região do Vale do Rio Ribeira, foi detectada intoxicação, em larga escala, da população e dos animais aquáticos. A poluição é proveniente de rejeitos da mineração de chumbo, ouro e prata, que ali existiu até 1996. As áreas onde estão os rejeitos foram adquiridas pela empresa CBA, que ali pretende construir uma barragem. O problema de saúde pública na região já se configura como sério e poderá piorar se a CBA não tomar as medidas necessárias, antes de construir a represa.

Cloretos (Cl)

O cloro está presente em teores inferiores a 100mg/L. Forma compostos muito solúveis e tende a se enriquecer, junto com o sódio, a partir das zonas de recarga das águas subterrâneas. Teores anômalos são indicadores de contaminação por água do mar, e por aterros sanitários.

Cobre (Cu)

O cobre é um elemento que ocorre, em geral, em baixas concentrações na água subterrânea, devido a sua pequena solubilidade. Nas águas superficiais são, normalmente, bem menores que 0,020 mg/L e nas águas subterrâneas é inferior a 1µg/L. A ingestão de altas doses pode acarretar, no homem, irritação e corrosão da mucosa, problemas hepáticos, renais, irritação do sistema nervoso e depressão. Os portadores da Doença de Wilson podem ser seriamente afetados pela presença de cobre na água. As atividades humanas responsáveis pela introdução de cobre na

água são: corrosão de tubos de cobre e de latão por águas ácidas, algicidas, fungicidas usados na preservação da madeira e indústria de mineração, fundição, galvanoplastia e refino. Para os portadores da Doença de Wilson, este teor tem substancialmente menor, porque eles não conseguem eliminar o cobre do organismo, que tem, pois, um efeito cumulativo nestes pacientes.

Ferro (Fe⁺)

É um elemento persistentemente presente em quase todas as águas subterrâneas em teores abaixo de 0,3mg/L. Suas fontes são minerais escuros (máficos) portadores de Fe: magnetita, biotita, pirita, piroxênios, anfibólios. Em virtude de afinidades geoquímicas quase sempre é acompanhado pelo Manganês. O ferro forma no estado ferroso (Fe²⁺) compostos solúveis, principalmente hidróxidos. Em ambientes oxidantes o Fe²⁺ passa a Fe³⁺ dando origem ao hidróxido férrico, que é insolúvel e se precipita, tingindo fortemente a água. Desta forma, águas com alto conteúdo de Fe, ao saírem do poço são incolores, mas ao entrarem em contato com o oxigênio do ar ficam amareladas, o que lhes confere uma aparência nada agradável. Apesar do organismo humano necessitar de até 19mg de ferro por dia, os padrões de potabilidade exigem que uma água de abastecimento público não ultrapasse os 0,3mg/L. Este limite é estabelecido em função de problemas estéticos relacionados à presença do ferro na água e do sabor ruim que o ferro lhe confere. O ferro, assim como o manganês, ao se oxidarem se precipitam sobre as louças sanitárias, azulejos, roupas, manchando-as. Águas ferruginosas são aeradas antes da filtração para eliminar o ferro. Outra forma de evitar os inconvenientes da precipitação de sais deste elemento químico é usar substâncias complexantes, à base de fosfato, que encapsulam as moléculas dos sais de Fe e Mn, formando compostos estáveis, não oxidáveis nem através de forte cloração, e desta forma mantendo-as permanentemente em solução. O inconveniente deste processo é que ele não elimina o ferro e o manganês presentes na água, e ainda adiciona mais produto químico (fosfatos) à mesma. Estas substâncias complexantes são também usadas para evitar a precipitação de sais de Ca e Mg em águas duras, evitando as indesejáveis incrustações, e diminuindo o consumo de sabão.

A precipitação de ferro presente nas águas é a principal responsável pela perda da capacidade específica de poços profundos. Estas incrustações são produtos da atividade das ferro-bactérias. O uso de substâncias orgânicas emulsificantes e polifosfatos nos processos de perfuração e desenvolvimento dos poços criam condições para que as ferro-bactérias, naturalmente ocorrente nos aquíferos, proliferem com mais facilidade, fazendo-se necessário uma boa limpeza no processo de completação do poço.

Flúor (F)

O flúor é um elemento que ocorre naturalmente e em pequenas quantidades nas águas naturais (0,1 a 2,0mg/L). É produto do intemperismo de minerais no qual é elemento principal ou secundário: fluorita, apatita, flúor-apatita, turmalina, topázio e mica. O flúor liberado pelo intemperismo destes minerais passa para as soluções aquosas supergênicas na forma do íon fluoreto, de alta mobilidade. Diversamente de outros halogênios ele pode formar complexos estáveis com elementos como Al, Fe, B e Ca. Desta forma no ciclo geoquímico o flúor pode ser removido das águas pela

coprecipitação com óxidos secundários de Fe, podendo também ser complexado tanto com o Fe como com o Al na forma de fosfatos. Como produto da ação humana o flúor é originado de atividades industriais: siderurgia, fundições, fabricação do alumínio, de louças e esmaltados, vidro, teflon, entre outras. Estas atividades são responsáveis pela sua introdução no ciclo hidrológico pelo lançamento na atmosfera ou em corpos hídricos superficiais. Na forma de clorofluorcarbono (CFC) o flúor foi amplamente utilizado como propelente de aerossóis. Este uso está em declínio devido a restrições legais, pois o CFC agride e destrói a camada de ozônio que circunda a Terra. É sabido que o flúor, em pequenas quantidades, é benéfico à saúde humana, principalmente em crianças, promovendo o endurecimento da matriz mineral dos dentes e esqueleto e tem se mostrado como o agente químico mais eficiente na prevenção da cárie dentária, daí sua adição nos sistemas de abastecimentos públicos de água ser uma prática muito difundida. Contudo, acima de certos teores, passa a ser prejudicial, causando fluorose dental e esquelética, tanto em seres humanos como em animais. A fluorose se caracteriza pelo escurecimento dos dentes e a perda de resistência dos dentes e ossos. Os teores máximos permitidos são estabelecidos em função da idade do consumidor e da quantidade de água ingerida diariamente. Nos países tropicais, onde a ingestão diária de água é maior, admite-se que se deva ser mais rigoroso no controle de flúor nas águas de abastecimento público.

Magnésio (Mg²⁺)

O magnésio é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito parecido com o do cálcio e, em linhas gerais, acompanha este elemento. Diferentemente do cálcio, contudo, forma sais mais solúveis. Os minerais mais comuns fornecedores de magnésio para as águas subterrâneas são: biotita, anfibólios e piroxênios. Estes minerais são mais estáveis diante do intemperismo químico, do que os minerais fornecedores de cálcio, por isso seu teor nas águas subterrâneas é significativamente menor do que aquele. Em região de rochas carbonáticas, o mineral dolomita é um importante fornecedor de Mg. Nas águas subterrâneas ocorre com teores entre 1 e 40mg/L. O magnésio, depois do cálcio, é o principal responsável pela dureza das águas.

Na água do mar o magnésio ocorre em teores de cerca 1400 mg/L, bem acima do teor de cálcio (cerca de 480mg/L). Em águas subterrâneas de regiões litorâneas, a relação Mg/Ca é um elemento caracterizador da contaminação por água marinha.

Manganês (Mn⁺)

É um elemento que acompanha o ferro em virtude de seu comportamento geoquímico. Ocorre em teores abaixo de 0,2mg/L, quase sempre como óxido de manganês bivalente, que se oxida em presença do ar, dando origem a precipitados negros.

Níquel (Ni)

O teor de níquel nas águas está ao redor de 0,1 mg/L. Concentrações superiores a 11,0 mg/L podem ser encontradas em áreas de mineração. As principais fontes antropomórficas de níquel são: queima de combustíveis fósseis, fundição e ligas, galvanoplastia. No ser humano, altas doses levam à intoxicação, afetando

nervos, coração e sistema respiratório. Pode causar dermatites em pessoas sensíveis.

Nitrato (NO_3^-)

O nitrogênio perfaz cerca de 80 por cento do ar que respiramos. Como um componente essencial das proteínas ele é encontrado nas células de todos os organismos vivos. Nitrogênio inorgânico pode existir no estado livre como gás, nitrito, nitrato e amônia. Com exceção de algumas ocorrências como sais evaporíticos, o nitrogênio e seus compostos não são encontrados nas rochas da crosta terrestre. O nitrogênio é continuamente reciclado pelas plantas e animais. Nas águas subterrâneas os nitratos ocorrem em teores em geral abaixo de 5mg/L. Nitritos e amônia são ausentes, pois são rapidamente convertidos a nitrato pelas bactérias. Pequeno teor de nitrito e amônia é sinal de poluição orgânica recente. No sistema digestivo o nitrato é transformado em nitrosaminas, que são substâncias carcinógenas. Crianças com menos de três meses de idade possuem, em seu aparelho digestivo, bactérias que reduzem o nitrato a nitrito. Este se liga muito fortemente a moléculas de hemoglobina, impedindo-as de transportarem oxigênio para as células do organismo. A deficiência em oxigênio leva a danos neurológicos permanentes, dificuldade de respiração (falta de ar) e em casos mais sérios à morte por asfixia. Aos seis meses de idade a concentração de ácido hidrocloreto aumenta no estômago, matando as bactérias redutoras de nitrato.

Pesquisa realizada pela EPA (U. S. Environmental Protection Agency) no decorrer do ano de 1992, em todo território norte-americano, constatou que cerca de 75 000 crianças com menos de dez meses de idade estavam expostas ao consumo de água com mais de 10 mg/L de nitrato. No Brasil, não se tem idéia da extensão do problema. Aparentemente, aqui o problema está mais associado a poços poluídos por esgotos domésticos do que ao uso intensivo de fertilizante.

Potássio (K^+)

O potássio é um elemento químico abundante na crosta terrestre, mas ocorre em pequena quantidade nas águas subterrâneas, pois é facilmente fixado pelas argilas e intensivamente consumido pelos vegetais. Seus principais minerais fontes são: feldspato potássico, mica moscovita e biotita, pouco resistentes aos intemperismo físico e químico. Nas águas subterrâneas seu teor médio é inferior a 10mg/L, sendo mais freqüente valores entre 1 e 5mg/L.

Sódio (Na^+)

O sódio é um elemento químico quase sempre presente nas águas subterrâneas. Seus principais minerais fonte (feldspatos plagioclásios) são pouco resistentes aos processos intempéricos, principalmente os químicos. Os sais formados nestes processos são muito solúveis. Nas águas subterrâneas o teor de sódio varia entre 0,1 e 100mg/L, sendo que há um enriquecimento gradativo deste metal a partir das zonas de recarga. A quantidade de sódio presente na água é um elemento limitante de seu uso na agricultura. Em aquíferos litorâneos, a presença de sódio na água poderá estar relacionada à intrusão da água do mar. Segundo a OMS, o valor máximo recomendável de sódio na água potável é 200mg/L.

Tabela 4.5 – Efeitos dos metais tóxicos no ser humano, quando ingeridos através da água.

| Elementos | Ingestão | Conseqüências |
|------------------|---|---|
| Alumínio | Ingerido através da água é absorvido pelo aparelho digestivo e todo o excesso é evacuado pelas fezes. | O acúmulo de alumínio no corpo poderá danificar o sistema nervoso central e a estrutura óssea do ser humano. Não comprovado a sua ligação com a doença de Mal de Alzheimer. |
| Cádmio | O metabolismo ocorre pela absorção gastrointestinal, penetrando na circulação sanguínea e concentrando no plasma, alcançando os glóbulos vermelhos, depois segue para os rins, fígado, pâncreas e glândulas salivares (tireóide). | A ingestão de água contaminada por cádmio é caracterizada por sintomas reumáticos com intensa dor nos ossos, provocada pela perda de minerais dos ossos, fazendo com que fiquem extremamente flexíveis. |
| Chumbo | Se ingerido através da água, pode provoca reações com outros elementos. | Em altas concentrações é capaz de provocar lesões no sistema neuromuscular e problemas na circulação, no cérebro e no tubo digestivo, apresentando sintomas como anorexia, náuseas, paralisia, distúrbios visuais, anemia e convulsões. |
| Cobre | Normalmente, é encontrado nos tecidos dos organismos dos animais e vegetais, sendo benéfico para o homem em pequenas concentrações. Sua deficiência em criança pode causar anemia nutricional. | O cobre não é considerado elemento tóxico, mas em altas concentrações podem produzir vômitos e ocasionar lesões ao fígado. |
| Cromo | Pode ser encontrado na maioria dos sistemas biológicos, sendo ainda desconhecidos seus efeitos benéficos ao ser humano. | O ácido crômico, os cromatos e bicromatos, provocam problemas à saúde quando inalados, ou por contato com a pele. |
| Mercúrio | | A intoxicação crônica com os derivados orgânicos do mercúrio normalmente está associada a acidentes ou contaminações localizadas no ambiente. Seus efeitos tóxicos a saúde humana, podem provocar náuseas, vômitos, cólicas abdominais, diarreia sanguínea, danos aos |

| | | |
|--------------|--|---|
| | | rins, e poderá ser letal em altas concentrações. |
| Zinco | É um metal benéfico ao ser humano em baixas concentrações, atuando nas atividades da insulina, sendo que diversos compostos dependem da sua presença para seu metabolismo. | Em altas concentrações pode ser acumular no fígado, pâncreas, próstata, sulco pancreático e líquido seminal. Alguns sais de zinco como, o sulfato de zinco são tóxicos, mas não é conhecida sua dose letal. |
| Ferro | É o quarto elemento mais abundante na crosta terrestre. | O organismo humano necessita de uma razoável quantidade de ferro já que este elemento é parte integrante da hemoglobina. Sua carência causa anemia e seu excesso aumenta a incidência de problemas cardíacos e diabetes. Porém, a sua inalação de ferro ou de seus óxidos produz pneumoconiose, causando bronquite crônica. |

Fonte: Teixeira (1998) / Feitosa(2000)



Figura 4.12 – Poço da área de estudo e proprietária com doença de pele.

4.7.2 Princípios de Classificação das Águas- Técnicas Gráficas

4.7.2 .1 Diagrama Triangular de Piper

O diagrama de Piper (Figura 4.13) é utilizado para classificar os distintos grupos de águas quanto aos íons dominantes (cloretada, sódica, carbonatada, magnesiana etc.). Este sistema de classificação é baseado na sobrepujança de determinados íons sobre outros. A água é denominada quanto ao ânion ou cátion, cuja concentração, expressa em meq/L, ultrapassa em 50% suas respectivas somas. Se nenhum deles ultrapassa este valor, a água é denominada de acordo com os dois ânions ou cátions mais abundantes. Para plotar no diagrama, transforma-se

separadamente o valor de cada íon expresso em meq/L em percentagem dos totais de ânions e de cátions (Santos, 1997).

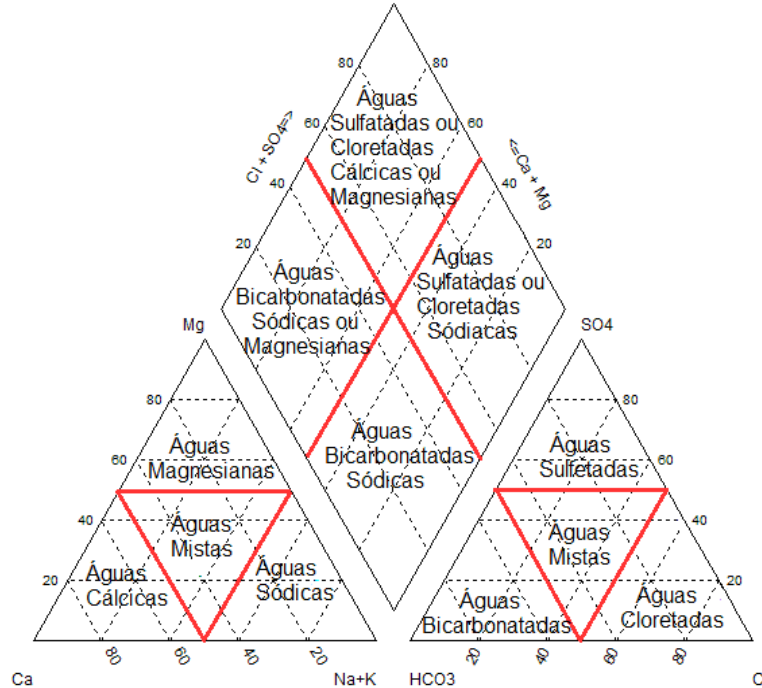


Figura 4.13 – Diagrama de Piper.

4.7.2.2 Diagrama de Stiff

Todas as concentrações iônicas em meq/L ou % meq/L são representadas sobre linhas paralelas horizontais. Ligando-se todos os pontos respectivos, obtém-se a figura geométrica característica da água analisada.

4.8 Análise Bacteriológica

Entre as impurezas das águas naturais, incluem-se os microorganismos, como as bactérias, vírus, e protozoários, podendo causar doença ao homem. A qualidade bacteriológica de uma água para avaliar a contaminação por dejetos humanos e de outros animais de sangue quente é feita através de bactérias do grupo coliformes, principalmente os coliformes totais e *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes. A *Escherichia coli* é um coliforme de origem exclusivamente fecal. É uma bactéria não patogênica, que normalmente habita os intestinos dos animais superiores. A sua presença não representa risco para a saúde pública, mas indica que poderão estar presentes microorganismos causadores ou transmissores de doenças (Santos, 1997).

4.9 Água de Chuva

O sistema de aproveitamento de água de chuva é uma medida não convencional. Atualmente o aproveitamento de água da chuva é bastante praticado em países como os Estados Unidos, Alemanha, Japão, entre outros. Em alguns países existem até incentivos monetários para aqueles que instalarem sistema de

captação de águas pluviais. No Brasil, o sistema é utilizado em algumas cidades do Nordeste como fonte de suprimento de água e já vem sendo aplicado em outras regiões.

A viabilidade do uso de água de chuva é caracterizada pela diminuição na demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição de custos com água potável e a redução dos riscos de enchentes em caso de chuvas intensas.

4.9.1 Previsão de Demanda

O tratamento e distribuição da água utilizada para fins domésticos e comerciais são normalmente efetuados por uma empresa pública ou privada que chega ao consumidor final com qualidade para atender aos usos mais exigentes. Porém, nem toda essa água tem necessidade desse alto grau de qualidade como a irrigação, lavagem de carros, limpeza de pisos e descargas de bacias sanitárias podendo assim ser utilizada a água proveniente das chuvas.

De acordo com a Organização das Nações Unidas, cada pessoa necessita de 3,3m³/pessoa/mês (cerca de 110 litros de água por dia para atender as necessidades de consumo e higiene) (Sabesp, 2010).

No entanto, os brasileiros usam em média 200 litros diariamente (Tabela 4.6). Um desperdício que pode e deve ser reduzido com ações de conscientização e preservação. Decisões que farão bem para a saúde e muito bem para o planeta (Sabesp, 2010).

Tabela 4.6 – Consumo de água per capita em algumas cidades, regiões e países (Sabesp, 2010).

| Cidades, regiões e países | Consumo (litros/ pessoa/ dia) |
|---------------------------|-------------------------------|
| Distrito Federal - Brasil | 225 |
| Berlim - Alemanha | 165 |
| Inglaterra | 141 |
| Suíça | 159 |
| Denver – EUA | 200 |
| Holanda | 135 |

De acordo com o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), ter plena consciência de que a água é finita, fechar bem as torneiras, não deixá-las abertas ao escovar os dentes e lavar as louças, regar o jardim no verão pela manhã cedo ou à noite, para evitar a evaporação, e no inverno dia sim e dia não, são algumas atitudes que poderiam ser tomadas para economizar água, e garantir a sobrevivência do ser humano, assim como atender às necessidades das gerações futuras (Sabesp, 2010).

Dos cerca de 200 litros diários consumidos nos domicílios:

- 54 Litros (27%) - vão para cozinhar e beber;
- 50 Litros (25%) - para tomar banho e escovar os dentes;
- 66 Litros (33%) - são utilizados em descarga de banheiro;
- 24 Litros (12%) - para lavagem de roupa;
- 6 Litros (3%) - para outras tarefas (como lavagem de carro, por exemplo).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para analisar a qualidade da água do município de Quissamã- RJ, estudar e analisar o comportamento temporal da Lagoa Feia e o reuso das águas pluviais com a finalidade de propor uma gestão integrada dos recursos hídricos, foram desenvolvidas as seguintes etapas do trabalho que serão descritas a seguir:

5.1 Levantamento de Dados

A pesquisa foi realizada na intenção de levantar material disponível para a realização desses estudos e análises, sendo obtidos dados na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), órgãos públicos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Centro de Informações de Dados do Rio de Janeiro (CIDE), Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMADS), Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais (CPRM), Departamento de Recursos Minerais (DRM-RJ), Prefeitura Municipal de Quissamã (PMQ), Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)), empresas privadas Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional (FUNDENOR) e Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-RJ), livros, dissertações, teses e artigos de congressos e pela internet.

5.2 Levantamento de Campo

Foram realizadas campanhas de campo para promover o levantamento de dados hidrogeológicos na região. Nessas campanhas foram cadastrados 60 pontos d'água de onde foram coletadas 30 amostras de água para análise de parâmetros hidroquímicos e bacteriológicos e medidos dados potenciométricos, quando possível.

Criou-se uma base de dados para uma melhor compreensão e avaliação da água subterrânea da região.

As campanhas de campo tiveram como objetivos a geração dos dados, sendo possível avaliar as principais características hidrogeológicas e hidrogeoquímicas da região; identificar e cadastrar pontos de amostragem de águas subterrânea e coletar água desses pontos para a medição de parâmetros físico-químicos in situ e posteriormente medição em laboratório.

Os pontos (poços rasos e profundos (Figura 5.2 e Figura 5.3), fontes potencialmente poluidoras e Lagoa Feia) foram georeferenciados com o uso de GPS (Figura 5.1), em coordenadas UTM-SAD 69 e com máquina digital para melhor reconhecimento de cada ponto cadastrado.

O cadastro de poços rasos e profundos foi realizado em núcleos urbanos e em áreas rurais. Foram elaboradas fichas para o cadastro de poços identificando dados dos poços.

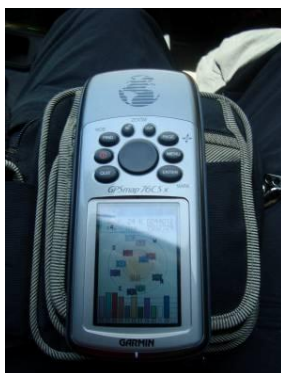


Figura 5.1 – GPS.



Figura 5.2 – Fontes potencialmente poluidoras: cemitério, posto de gasolina.



Figura 5.3 – Poço → E 0241132/ N 7553414 - Localidade: São José.

5.3 Amostragem de Água

O mapa de geologia orientou a campanha de coleta das amostras, fase em que foi utilizado o GPS para reconhecimento das coordenadas de cada ponto. Foram medidos in situ o nível d'água (medidor de nível d'água HIDROSUPRIMENTOS® modelo HSNA 300), quando possível, pH (peagâmetro PHTEK® modelo PH-100), condutividade elétrica (com aparelho EUTECH INSTRUMENTS®, modelo ECTEST-11PLS) e temperatura (termômetro INSTRUTHERM®, modelo TE-400) (Figura 5.4) dos pontos visitados.



Figura 5.4 – Medidor de nível d'água, de pH, de condutividade e termômetro.

Os aparelhos de pH e condutividade elétrica foram devidamente calibrados no laboratório de química da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro antes do uso dos mesmos em campo.

Foram coletadas amostras (Figura 5.5 à Figura 5.10) para análises físico-químicas em um ou mais poços rasos em cada unidade geológica da região em estudo, dependendo do tamanho da unidade e para análises bacteriológicas o critério adotado foi de acordo com o uso e ocupação do solo.

Foram elaboradas fichas para os dados das coletas das amostras dos poços identificando: localização geográfica, localidade, situação (ativo ou abandonado), ano de construção, nível d'água, profundidade, pH, temperatura, condutividade e observações da localidade, conforme Apêndices I ao IV.



Figura 5.5– Poço → E 0242679/ N 7555852 - Localidade: Fazenda Vista Alegre.



Figura 5.6 – Coletando a amostra de água.



Figura 5.7 – Adicionando ácido nítrico no recipiente da análise físico-química.



Figura 5.8 – Medição do pH.



Figura 5.9 – Medição da temperatura e condutividade.



Figura 5.10 – Identificando as amostras.

As amostras foram levadas aos seus respectivos laboratórios para serem submetidas às análises bacteriológicas e físico-químicas.

5.4 Análises Físico-Químicas

As análises físico-químicas foram realizadas pelo laboratório de águas da PUC-RJ no Rio de Janeiro. Nestas análises (Figura 5.11) foram verificados os seguintes parâmetros:

- Constituintes maiores: cálcio, magnésio, sódio, bicarbonato, cloreto, sulfato, dureza total, sílica;
- Alcalinidade;
- Constituintes menores: molibdênio, níquel, potássio, titânio, vanádio, zinco, ferro, amônia, carbonato, fluoreto, brometo, nitrato/nitrito;
- Metais: alumínio, bário, berílio, cádmio, cálcio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, estanho, estrôncio, lítio, magnésio, manganês.



Figura 5.11 – Recipiente das análises físico-químicas.

5.5 Análises Bacteriológicas

As análises bacteriológicas foram realizadas através da técnica dos Tubos Múltiplos pelo laboratório bacteriológico da FUNDENOR em Campos dos Goytacazes. Nestas análises (Figura 5.12) foram verificados os seguintes parâmetros:

- Coliformes totais;
- Coliformes termotolerantes.



Figura 5.12 – Recipiente das análises bacteriológicas e caixa térmica.

5.6 Tratamento e Interpretação dos Dados

5.6.1 Base de Dados

Elaborou-se uma Base de Dados na OFIGEO (Oficina de Geologia) com todos os resultados gerados com os levantamentos de campo e análises laboratoriais. Verificaram-se os principais parâmetros para o estudo, visando à compreensão da qualidade da água do município, assim como saber a necessidade de complementação de novos dados. Esta base de dados contém todas as informações obtidas (dados de campo, parâmetros físico-químicos, bacteriológicos, localização geográfica, entre outros).

Os dados das análises químicas completas foram exportados para o software AquaChem® 5.1 da Schlumberger Water Services para elaboração de gráficos e diagramas para fins de caracterização hidrogeoquímica da área de estudo e foram utilizadas a Portaria nº518 do Ministério da Saúde, de 25 de março de 2004, Resolução nº 357 23 de janeiro de 2005 e a Resolução nº 396 03 de abril de 2008 para melhor interpretação dos laudos das análises.

5.6.3 Geração de Mapas

Utilizou-se GPS e os softwares ArcGis/ArcMap 9.4®, AutoCAD 2008 e Excel 2003 para elaboração dos mapas para melhor visualização espacial dos resultados.

Através do SIG realizaram-se as seguintes operações: criação de banco de dados, digitalização de dados vetoriais, edição de polígonos, geração dos mapas, integração de arquivos de outros *softwares* como AutoCAD 2008 e Excel 2003; e o GPS foi necessário no levantamento de campo para localização geográfica dos poços, potenciais fontes poluidoras e Lagoa Feia.

Nesta etapa foram criados 7 mapas temáticos:

- Mapa de Aquíferos;
- Mapa de espacialização dos pontos cadastrados;
- Mapa de espacialização dos pontos coletados para a realização das análises físico-químicas;
- Mapa de espacialização dos diagramas de Stiff;
- Mapa de isovalores do pH;
- Mapa de isovalores da condutividade elétrica;
- Mapa de espacialização dos pontos coletados para a realização das análises bacteriológicas.

Em seguida foram realizadas as representações gráficas, processamento e elaboração dos resultados e interpretações conseqüentes, que deram origem às discussões e conclusões apresentadas ao fim do trabalho.

5.7 Comportamento da Lagoa Feia

Para o estudo do comportamento da lâmina d'água da Lagoa Feia ao longo do tempo foram analisadas e comparadas imagens de satélite em diferentes períodos do tempo (1999, 1986 e início do século XX- mapa de Alberto Lamego).

Foi analisado o mapa de batimetria executado pela FUNDENOR em conjunto com a Prefeitura Municipal de Quissamã em 1998 e as leituras diárias da lâmina d'água realizadas pela prefeitura.

5.8 Pluviometria da Região

Devido à carência (poucos e falhos) de dados dos índices pluviométricos na região de Quissamã, foi realizada uma análise com base nos dados referentes à pluviometria no município de Macaé durante o período de 2004 a 2010 obtidos pelo LAMET- Laboratório de Meteorologia em Macaé, que fica localizado próximo ao local. Por esse motivo foi instalada uma estação meteorológica no município para conhecimento dos dados reais e utilização em futuros trabalhos.

5.8.1 Área de Captação e Volume de Água Captado

A captação das águas pluviais será feita no telhado, pois apresenta melhor qualidade em relação à outras superfícies, tendo em vista que não tem influência direta do tráfego de pessoas e/ou veículos e além disso, a água pode alcançar o reservatório de armazenamento por gravidade.

Foi realizado o cálculo para uma casa unifamiliar de 5 pessoas, considerando um telhado de 6m X 10m e adotando o caimento da cobertura igual a 5%. Para o cálculo da área de contribuição foi levada em consideração a ação dos ventos e superfícies inclinadas, segundo a NBR10844.

Para o cálculo do volume de água captado foi considerado o coeficiente de escoamento superficial (também conhecido com coeficiente de Runoff) é a relação entre o volume de água que escoar sobre uma superfície e o volume de água de precipitado sobre a mesma. Foi adotado um CES= 0,8 correspondente a um telhado de material cerâmico.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Obtiveram-se os seguintes resultados para a metodologia proposta:

6.1 Base de Dados do Município de Quissamã

Obteve-se do CPRM (2001) os Mapas Geomorfológico, Geológico, de Aquíferos, Vegetação e Pedológico do município de Quissamã.

Por meio de comunicação pessoal vários dados foram obtidos na Prefeitura Municipal de Quissamã, entre eles o mapa de batimetria da Lagoa Feia, as leituras da lâmina d'água da mesma, alguns dados sobre localização de poços profundos.

A grande maioria dos dados dos poços foi levantada em campo.

No IBGE obteve-se informações cartográficas e sobre a população dos distritos.

Foi realizado um intercâmbio entre as universidades UFRJ e UENF com a finalidade de gerar mapas de isovalores e realização dos diagramas de Piper e Stiff das análises físico-químicas.

Foram obtidas por meio de comunicação pessoal com a comunidade e na Companhia Estadual de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro (CEDAE) informações sobre o abastecimento de água no município.

As análises bacteriológicas das águas dos poços visitados foram realizadas pela FUNDENOR em Campos dos Goytacazes e as análises físico-químicas pela PUC-RJ. Todas as análises foram analisadas e estudadas no Laboratório de Engenharia Civil da UENF.

6.2 Resultados

6.2.1 Trabalho de Campo

Os dados a seguir remetem aos parâmetros das águas da região em estudo, em sua maioria adquiridos da Lagoa Feia, de cacimbas com profundidades rasas e profundas, conforme Apêndices e Anexos. Com estes dados foi possível traçar as características gerais das águas subterrâneas e superficiais utilizadas pela maior parte da população da área.

Foram cadastrados 60 pontos (Figura 6.1) e foram medidos em campo o pH, condutividade, temperatura e nível d'água, quando possível de 25 pontos (Apêndices II e III).

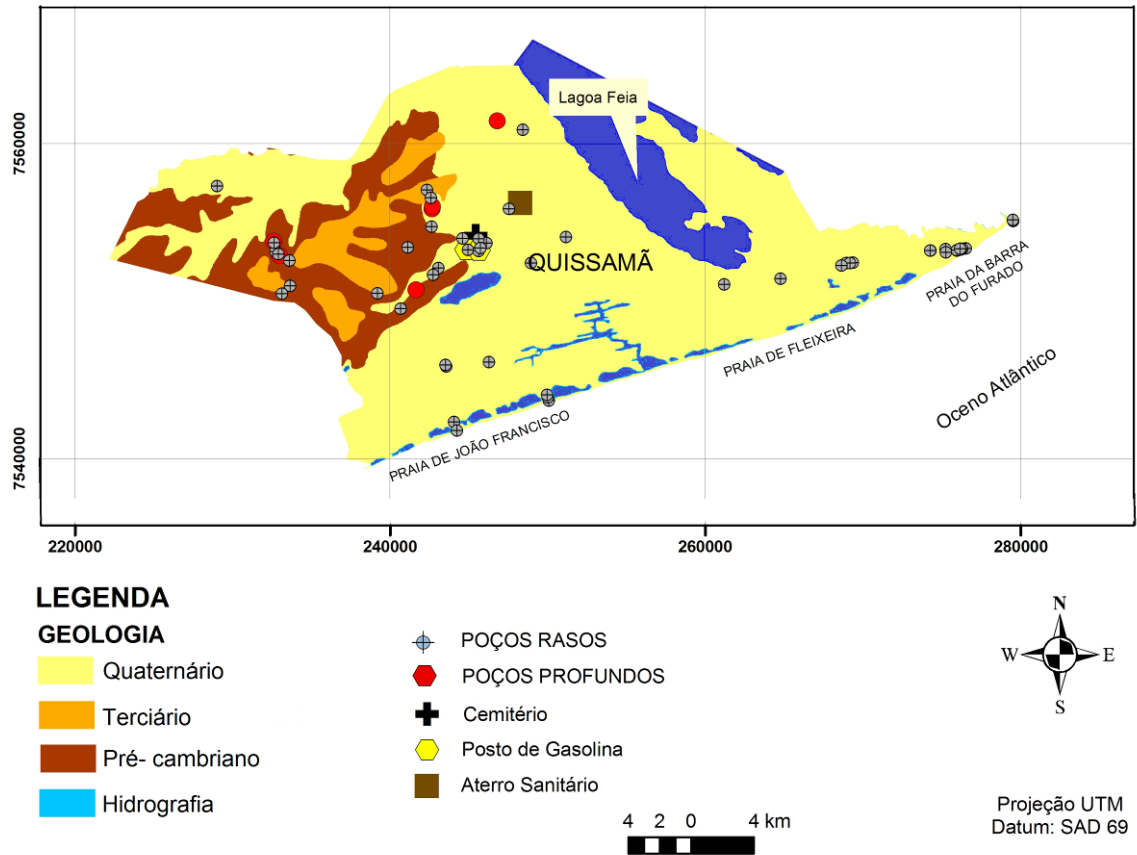


Figura 6.1 – Mapa de espacialização dos pontos cadastrados no município de Quissamã (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento - OFIGE0/UENF. Compilado do CPRM, 2001).

6.2.2 Análises Físico-Químicas

O mapa de geologia da região em estudo (Figura 6.2) foi escolhido para orientar o trabalho de coleta das amostras de água no campo, pois a qualidade da água reflete os meios por onde ela percola. Os poços rasos e profundos coletados estão localizados em núcleos urbanos e em áreas rurais e nesta fase foi utilizado o GPS para localização dos pontos já cadastrados anteriormente.

As análises físico-químicas foram realizadas pelo Laboratório de Caracterização das Águas da PUC-RJ.

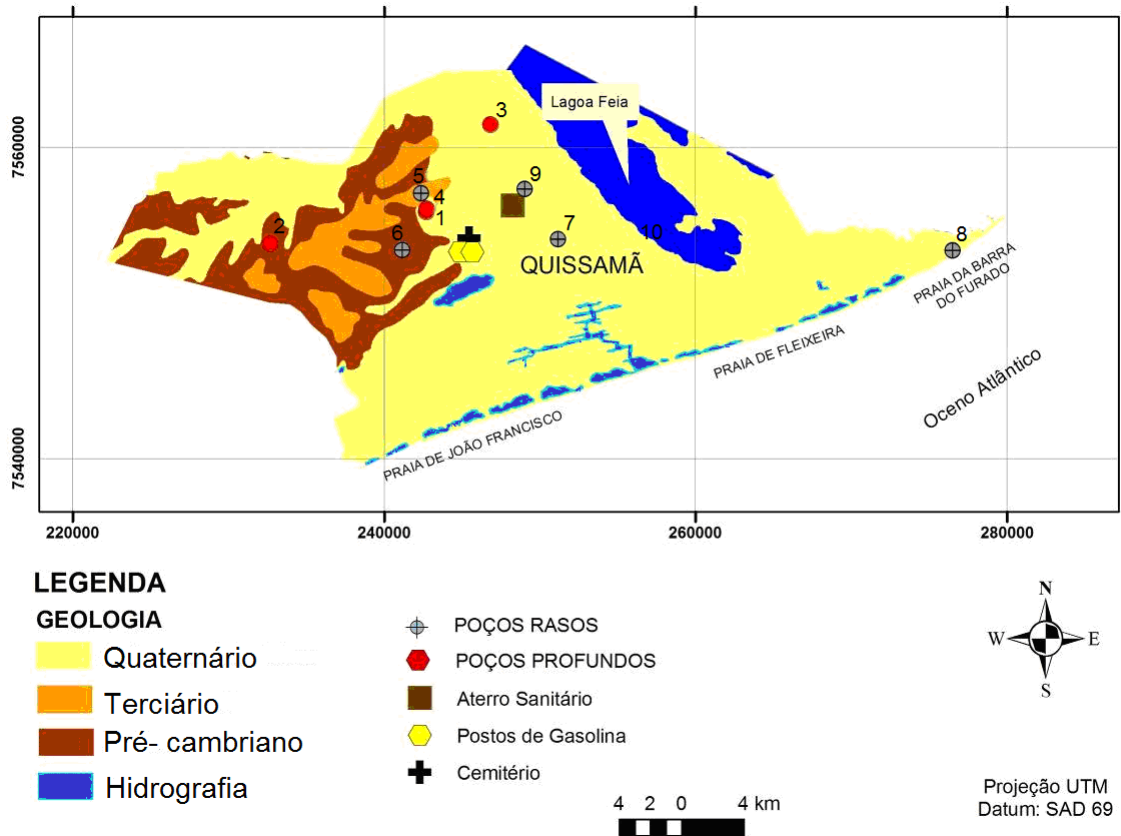


Figura 6.2 - Mapa de espacialização dos pontos coletados para a realização das análises físico- químicas (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento – OFIGEO/UENF. Compilado do CPRM, 2001).

A Tabela 6.1 apresenta a identificação de 4 poços profundos, 5 rasos (Figura 6.3) e da Lagoa Feia, com suas respectivas coordenadas UTM e localidade.

Tabela 6.1 - Dados de localização dos poços.

| Poços e Lagoa | Classificação | E | N | Localidade |
|---------------|---------------|---------|---------|------------------------|
| 1 | Profundos | 0242679 | 7555852 | Fazenda Vista Alegre 1 |
| 2 | | 0232644 | 7553796 | Morro Alto |
| 3 | | 0246817 | 7561440 | Fazenda Machadinho |

| | | | | |
|----|-------|---------|---------|------------------------|
| 4 | | 0242713 | 7556023 | Fazenda Vista Alegre 2 |
| 5 | Rasos | 0242340 | 7557055 | Santa Catarina |
| 6 | | 0241132 | 7553414 | São José |
| 7 | | 0251159 | 7554078 | Fazenda Pitanga |
| 8 | | 0276516 | 7553361 | São Miguel |
| 9 | | 0249026 | 7557318 | Conde de Araruama |
| 10 | Lagoa | 0255598 | 7554980 | Lagoa Feia |



Figura 6.3 - Poço raso (Fazenda Pitanga) e poço profundo (Fazenda Machadinha), respectivamente.

A Tabela 6.2 apresenta o nível d'água, profundidade, pH, temperatura e condutividade medidos no campo das amostras de água coletadas.

Tabela 6.2 - Dados medidos no campo.

| Poços e Lagoa | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-----------------------|-------|------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|
| Nível d'água (m) | 29,24 | - | 119,44 | 16,68 | 3,00 | 8,00 | 2,05 | 0,62 | 1,86 | 0,00 |
| Profundidade(m) | 36,00 | 101 | 128 | 30 | 4 | 13 | - | - | 10 | 2,24 |
| pH | 4,1 | 5,1 | 5,4 | 5 | 3,6 | 5 | 6,7 | 7 | 6,6 | 6,9 |
| *Temperatura (°C) | 28,7 | 29,6 | 28,3 | 26,6 | 29,2 | 26 | 29,1 | 28,3 | 26,6 | 23,6 |
| *Condutividade(µs/cm) | 900 | 609 | 3240 | 441 | 192 | 261 | 146 | 147 | 368 | 169 |

Valores máximos permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518 (2004) para consumo humano:

pH: 6 a 9,5; *Não especificado.

Os resultados obtidos em laboratório das amostras de água coletadas apresentaram os seguintes parâmetros: físicos e físico-químicos (Tabela 6.3), dos ânions (Tabela 6.4), das substâncias controladas (Tabela 6.5) e dos elementos (Tabela 6.6).

Tabela 6.3 - Resultados de parâmetros físicos e físico-químicos obtidos em laboratório.

| Poços e Lagoa | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
|--|-------------------|------|---------------------|-----|------|---------|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|--|
| *Aspecto Natural | turva e amarelada | | límpido e incolor | | | | límpido e amarelado | turvo e ferrugem | límpido e incolor | Turvo e amarelado | |
| Odor a frio | Ausente | | | | | | | | | | |
| *Sólidos em suspensão | Sim | | não | | sim | nã o | sim | | não | Sim | |
| Cor aparente (uH) | 154 | 16,7 | 4,6 | 1,7 | 5,6 | 1,7 | 80,6 | 500 | 1,6 | 122 | |
| *Cor real (uH) | 7,9 | 1,3 | 3,4 | 1,2 | 2,4 | 1,3 | 71,9 | 58,1 | 1,2 | 32,1 | |
| Turbidez (uT) | 118 | 14 | 1 | 1 | 3 | 1 | 5 | 164 | 1 | 46,0 | |
| pH a 25°C | 5,8 | 6,3 | 3,9 | 4,3 | 5,9 | 4,4 | 6,2 | 6,4 | 4,9 | 6,5 | |
| *Condutividade e a 25°C (µs/cm) | 1100 | 732 | 4000 | 660 | 389 | 249 | 330 | 360 | 860 | 136 | |
| *Evaporação a 180°C (mg/L) | 736 | 474 | 2,2×10 ³ | 428 | 257 | 168 | 219 | 238 | 555 | 96,7 | |
| Dureza total em CaCO ₃ (mg/L) | 160 | 250 | 443 | 68 | 49,5 | 45,2 | 111 | 73,1 | 56,6 | 31 | |
| *Dureza permanente em CaCO ₃ (mg/L) | 153 | 153 | 443 | 68 | 48,1 | 45,2 | 61,4 | 41,6 | 51,1 | 20,7 | |
| *Dureza temporária em CaCO ₃ (mg/L) | 7,03 | 96,3 | 0 | - | 1,37 | - | 49,4 | 31,5 | 5,53 | 10,3 | |

Valores máximos permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518 (2004) para consumo humano:

Odor: não objetável; Cor aparente: 15 uH; Turbidez: 5 uT; pH: 6 a 9,5; Dureza total: 500 mg/L; *Não especificado.

Tabela 6.4 - Resultados dos ânions obtidos em laboratório.

| Poços e Lagoa | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|-----------------|-----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| SO ₄ ⁻² (mg/L) | 114 | 20,8 | 24 0 | 104 | 28 | 48 | 28, 1 | 25, 7 | 16, 3 | 9,0 3 |
| Alcalinidade em CaCO ₃ (mg/L) | 7,03 | 96,3 | 0 | 0 | 1,3 7 | 0 | 49, 4 | 31, 5 | 5,5 3 | 10, 3 |
| *Carbonato em CO ₃ ⁻² (mg/L) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| *Bicarbonato em HCO ₃ ⁻ (mg/L) | 8,58 | 118 | 0 | 0 | 1,6 7 | 0 | 60, 3 | 38, 4 | 6,7 4 | 12, 5 |
| *Br ⁻ (mg/L) | 0,87 | 0,47 | <1 | 0,4 5 | 0,6 3 | 0,3 2 | 0,2 5 | 0,2 5 | 0,7 4 | 0,1 5 |
| Cl ⁻ (mg/L) | 281 | 171 | 97 9 | 114 | 85, 7 | 25, 5 | 11, 4 | 64, 9 | 235 | 10, 2 |
| *Fosfato em HPO ₄ ⁻² (mg/L) | 0,09 6 | <0,0 1 | <1 | 0,2 | <0, 1 | 0,2 3 | <0, 1 | 3,2 9 | 0,3 7 | 0,2 9 |
| *I ⁻ (mg/L) | Não determinado | | | | | | | | | |

Valores máximos permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518 (2004) para consumo humano:

Sulfato (SO₄⁻²): 250 mg/L; Alcalinidade em CaCO₃: 500 mg/L; Cloreto (Cl⁻): 250mg/L;

*Não especificado.

Tabela 6.5 Resultados das substâncias controladas obtidas em laboratório.

| Poços e Lagoa | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|------------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Sb (mg/L) | 0,002 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | 0,002 | <0,00 1 | <0,00 1 |
| As (mg/L) | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 |
| Ba (mg/L) | 0,027 | 0,17 | 0,053 | 0,021 | 0,025 | 0,045 | 0,033 | 0,076 | 0,33 | 0,022 |
| B (mg/L) | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Cd (mg/L) | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | 0,002 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 |
| Cr (mg/L) | 0,003 | 0,004 | 0,001 | 0,003 | 0,002 | <0,00 1 | 0,001 | 0,004 | 0,006 | <0,00 1 |
| Cu (mg/L) | 0,03 | 0,003 | 0,005 | 0,003 | <0,00 1 | 0,001 | 0,005 | 0,022 | 0,001 | 0,002 |
| NO ₂ (mg/L) | 0,36 | 0,063 | Não determinado | | | | | | | |
| NO ₃ (mg/L) | 27,6 | 0,37 | 145 | 4,86 | 4,95 | 11,8 | 2,23 | 4,22 | 6,19 | 0,22 |
| CN (mg/L) | Não determinado | | | | | | | | | |
| Pb (mg/L) | 0,015 | <0,00 1 | 0,005 | 0,001 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | 0,002 | 0,003 | <0,00 1 |
| Mn (mg/L) | 0,36 | 0,36 | 0,076 | 0,03 | 0,087 | 0,04 | 0,014 | 0,14 | 0,41 | 0,088 |
| Hg (mg/L) | <0,00 1 | <0,00 1 | 0,002 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 | <0,00 1 |

| | | | | | | | | | | |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|
| Ni (mg/L) | 0,004 | 0,002 | 0,008 | 0,001 | <0,001 | 0,001 | 0,002 | 0,005 | 0,003 | <0,001 |
| Se (mg/L) | 0,003 | 0,002 | 0,019 | 0,002 | 0,003 | 0,001 | <0,001 | 0,002 | 0,004 | <0,001 |
| Na (mg/L) | 179 | 58,6 | 483 | 76,7 | 44,7 | 15,1 | 13,8 | 33 | 108 | 12,2 |
| F ⁻ (mg/L) | 0,028 | 0,06 | <1 | <0,1 | <0,1 | <0,1 | 0,17 | <0,1 | <0,2 | <0,1 |

Valores máximos permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518 (2004) para consumo humano:

Antimônio (Sb): 0,005 mg/L; Arsênio (As): 0,01 mg/L; Bário (Ba): 0,7 mg/L; Cádmio (Cd): 0,005 mg/L; Cromo (Cr): 0,05 mg/L; Cobre (Cu): 2 mg/L; Nitrito (NO₂): 1 mg/L; **Nitrato (NO₃): 10 mg/L**; Cianeto: 0,07 mg/L; **Chumbo (Pb): 0,01 mg/L**; **Manganês (Mn): 0,1 mg/L**; **Mercurio(Hg): 0,001 mg/L**; **Selênio (Se): 0,01 mg/L**; **Sódio (Na): 200 mg/L**; Fluoreto(F⁻): 1,5 mg/L.

Valores máximos permitidos pela Resolução do CONAMA nº 357 (2005) para consumo humano:

Boro (B): 0,5 mg/L; **Níquel (Ni): 0,0025 mg/L.**

Tabela 6.6 - Resultados dos elementos obtidos em laboratório.

| Poços e Lagoa | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--------------------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Al (mg/L) | 0,31 | 0,021 | 5,75 | 0,75 | 0,083 | 0,4 | 0,17 | 2,01 | 0,64 | 0,22 |
| Be (mg/L) | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| *Ca (mg/L) | 28,6 | 64 | 68,7 | 6,1 | 7,67 | 4,63 | 42,7 | 21,5 | 4,82 | 5,84 |
| Co (mg/L) | 0,003 | <0,001 | 0,005 | 0,002 | <0,001 | 0,001 | <0,001 | 0,002 | 0,01 | <0,001 |
| *Sc (mg/L) | <0,001 | 0,0031 | 0,01 | 0,003 | <0,001 | 0,001 | <0,001 | 0,003 | 0,002 | <0,001 |
| *Sn (mg/L) | <0,001 | <0,001 | <0,0001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,003 | <0,001 | <0,001 |
| *Sr (mg/L) | 0,17 | 0,5 | 0,71 | 0,089 | 0,058 | 0,06 | 0,21 | 0,18 | 0,063 | 0,046 |
| Fe (mg/L) | 3,04 | 9,84 | 0,68 | 0,032 | 1,02 | 0,01 | 2,06 | 1,05 | 0,042 | 0,72 |
| Li (mg/L) | <0,01 | 0,014 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | <0,01 | 0,013 | 0,003 | <0,01 |
| *Mg (mg/L) | 21,6 | 21,8 | 65,9 | 12,8 | 7,38 | 8,18 | 1,07 | 4,75 | 10,8 | 3,98 |
| Mo (mg/L) | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,002 | 0,002 | <0,001 | <0,001 |
| *K (mg/L) | 10,9 | 9,3 | 114 | 8,12 | 3,02 | 8,52 | 11,3 | 10,2 | 9,49 | 3,26 |
| *SiO ₂ (mg/L) | 4,58 | 77,3 | 9,33 | 8,51 | 4,7 | 17,3 | 7,93 | 50,8 | 9,53 | 8,63 |
| *Ti (mg/L) | 0,003 | 0,002 | 0,012 | <0,001 | <0,001 | 0,001 | 0,001 | 0,008 | 0,004 | 0,002 |
| *W (mg/L) | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 |
| V (mg/L) | <0,001 | <0,001 | 0,005 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | <0,001 | 0,018 | 0,001 | 0,001 |
| Zn (mg/L) | 0,13 | 0,045 | 0,051 | 0,033 | 0,033 | 0,023 | 0,061 | 0,16 | 0,024 | 0,052 |

Valores máximos permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518 (2004) para consumo humano:

Alumínio (Al): 0,2 mg/L; **Ferro (Fe): 0,3 mg/L**; Zinco (Zi): 5 mg/L.

Valores máximos permitidos pela Resolução do CONAMA n° 357 (2005) para consumo humano:

Berílio (Be): 0,04 mg/L; Cobalto (Co): 0,05 mg/L; Lítio (Li): 2,5 mg/L; Vanádio (V): 0,1 mg/L.

Valores máximos permitidos pela Resolução do CONAMA n° 396 (2008) para consumo humano:

Molibidênio (Mo): 0,007 mg/L.

*Não especificado.

De acordo com os resultados das dez amostras obtidos em laboratório podemos observar que os seguintes elementos encontram-se fora do padrão da Portaria do Ministério da Saúde n° 518 (2004), da Resolução do CONAMA n° 357 (2005) e Resolução do CONAMA n° 396 (2008): Chumbo, Mercúrio, Selênio e Sódio em 10% das amostras; Cloreto em 20%; Nitrato em 30%; Manganês e Níquel em 40%; Alumínio em 80% e Ferro em 90% das amostras.

Condutividade Elétrica

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente, e à alcalinidade, que tem relação direta com a presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos (SANTOS, 1997).

Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica da água. Em águas continentais, os íons diretamente responsáveis pelos valores da condutividade são, entre outros, o cálcio, o magnésio, o potássio, o sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos e cloretos. O parâmetro condutividade elétrica não determina, especificamente, quais os íons que estão presentes em determinada amostra de água, mas pode contribuir para possíveis reconhecimentos de impactos ambientais que ocorram na bacia de drenagem ocasionados por lançamentos de resíduos industriais, mineração, esgotos, etc (AMBIENTE BRASIL, 2008).

Observou-se que a CE apresentou valores entre 50 e 2490 $\mu\text{S}/\text{cm}$, em um grupo de 20 amostras de poços rasos medidos em campo, isto é, uma variação de cerca de 3 ordens de grandeza de diferença (Figura 6.4).

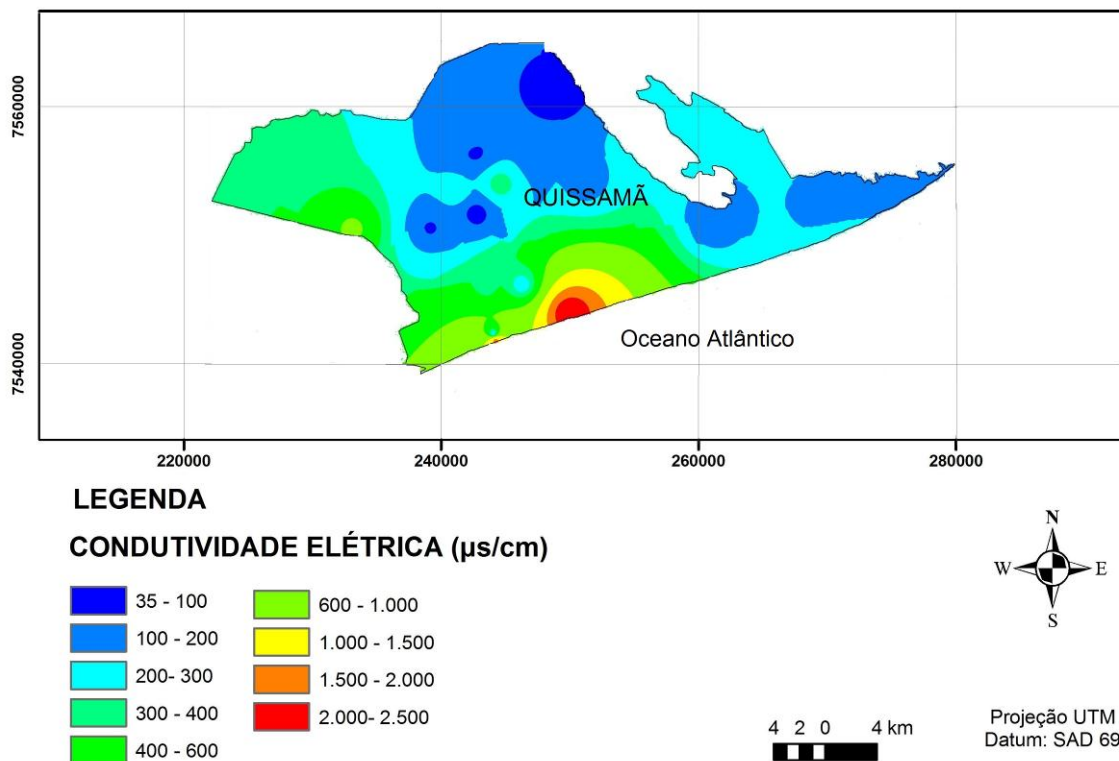


Figura 6.4 - Mapa de isovalores da condutividade elétrica dos poços rasos medidos em campo.

A Figura 6.5 mostra a variação da condutividade elétrica medida em campo em comparação com o resultado do laboratório e pode-se notar que os valores foram bem similares.

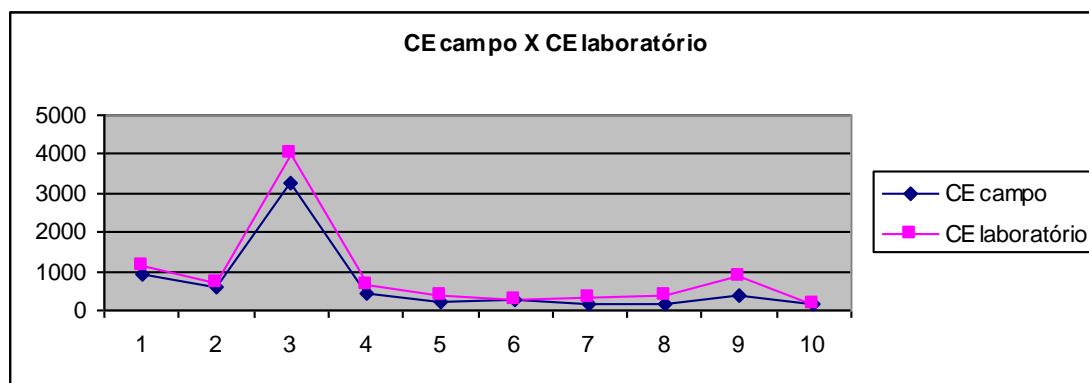


Figura 6.5 – Gráfico de comparação da condutividade elétrica do campo com a obtida em laboratório.

Potencial Hidrogeniônico (pH)

O termo pH (potencial hidrogeniônico) é usado universalmente para expressar o grau de acidez ou basicidade de uma solução, ou seja, é o modo de expressar a concentração de íons de hidrogênio nessa solução.

A escala de pH é constituída de uma série de números variando de 0 a 14, os quais denotam vários graus de acidez ou alcalinidade. Valores abaixo de 7 e próximos de zero indicam aumento de acidez, enquanto valores de 7 a 14 indicam aumento da basicidade. Para o consumo humano é recomendável a faixa entre 6 a 9,5, segundo a Portaria nº 518 do Ministério da Saúde.

Foram observados em campo 20 amostras de poços rasos, onde os valores do pH variaram entre 3,6 e 7,9 (Figura 6.6).

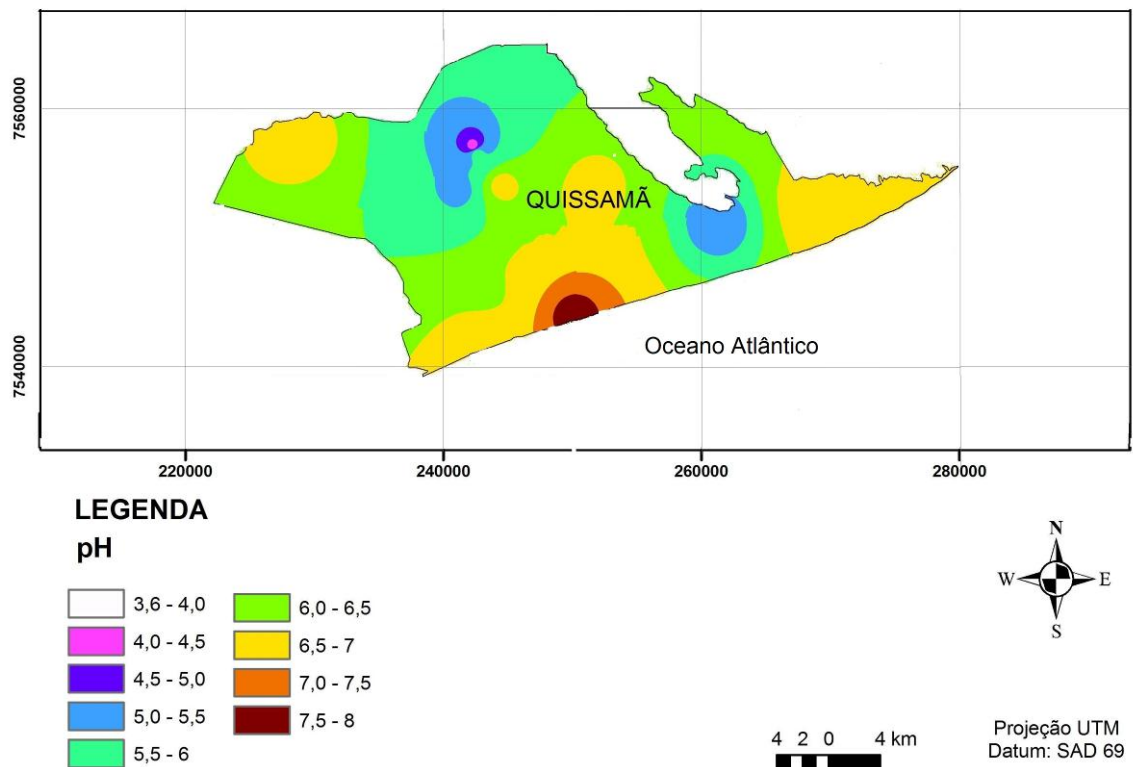


Figura 6.6 - Mapa de isovalores do pH dos poços rasos medidos em campo.

A Figura 6.7 mostra a variação do pH medida em campo com o resultado do laboratório e pode-se notar que os valores foram bastante distintos.

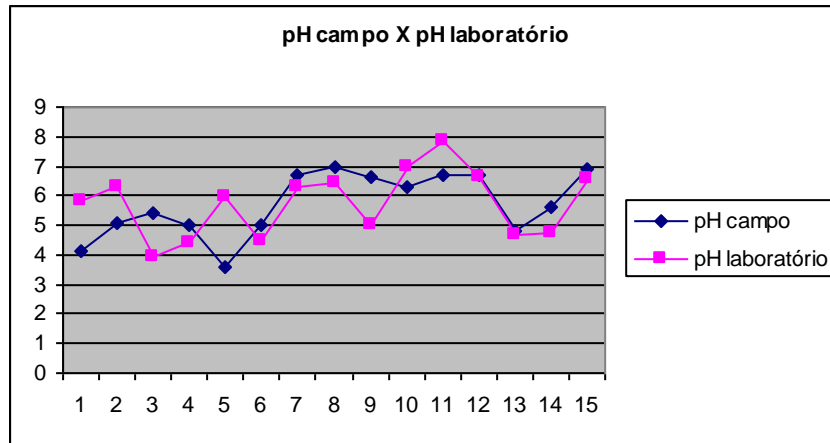


Figura 6.7 – Gráfico de comparação do pH do campo com o obtido em laboratório.

A variação do pH em campo e em laboratório pode ser interpretada de duas formas: a primeira é que a diferença das medições de laboratório se deva à perda de CO₂ durante o transporte e a segunda possibilidade seria que o aparelho para medição em campo possa ter resultados alterados, apesar da calibração, devido às altas temperaturas nos dias de janeiro a março, quando foram realizadas as leituras.

6.2.3 Diagramas

O estudo e visualização dos resultados de análises químicas podem ser simplificados com a utilização de gráficos e diagramas, como o Diagrama Triangular de Piper, que serve para classificar e comparar os distintos grupos de água quanto aos íons dominantes (Tabela 6.10) expressos em miliequivalente, conforme fórmula abaixo.

$$\text{Miliequivalente} \left(\frac{\text{meq}}{\text{L}} \right) = \frac{\text{Miligramas / litro} (\text{mg} / \text{L})}{\text{Peso Atômico} (\text{Mol})} \times \text{Valência Elemento}$$

Tabela 6.7- Elementos utilizados na confecção dos diagramas de Piper e Stiff.

| Poços | SO ₄ ⁻² (meq/L) | Bicarbonato em HCO ⁻³ (meq/L) | Cl ⁻ (meq/L) | Ca (meq/L) | Mg (meq/L) | Na (meq/L) | K (meq/L) |
|-------|--|---|----------------------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| 1 | 2,375 | 0,141 | 7,915 | 1,430 | 1,778 | 7,783 | 0,279 |
| 2 | 0,433 | 1,934 | 4,817 | 3,200 | 1,794 | 2,548 | 0,238 |

| | | | | | | | |
|---|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| 3 | 5,000 | 0,000 | 27,577 | 3,435 | 5,424 | 21,000 | 2,923 |
| 4 | 2,167 | 0,000 | 3,211 | 0,305 | 1,053 | 3,335 | 0,208 |
| 5 | 0,583 | 0,027 | 2,414 | 0,384 | 0,607 | 1,943 | 0,077 |
| 6 | 1,000 | 0,000 | 0,718 | 0,232 | 0,673 | 0,657 | 0,218 |
| 7 | 0,585 | 0,989 | 0,321 | 2,135 | 0,088 | 0,600 | 0,290 |
| 8 | 0,535 | 0,630 | 1,828 | 1,075 | 0,391 | 1,435 | 0,262 |

De acordo com os diagramas de Piper (Figura 6.4) e Stiff (Figuras 6.5 a 6.8) os poços profundos da Fazenda Machadinho, Fazenda Vista Alegre 1 e Fazenda Vista Alegre 2 são classificados como Águas Cloretadas Sódicas, enquanto o poço profundo de Morro Alto como Água Cloretada Cálcica. Pode-se concluir que os poços profundos de Quissamã tem a predominância de Águas Cloretadas Sódicas com 75% e Água Cloretada Cálcica em 25%, de acordo com as amostras retiradas do local.

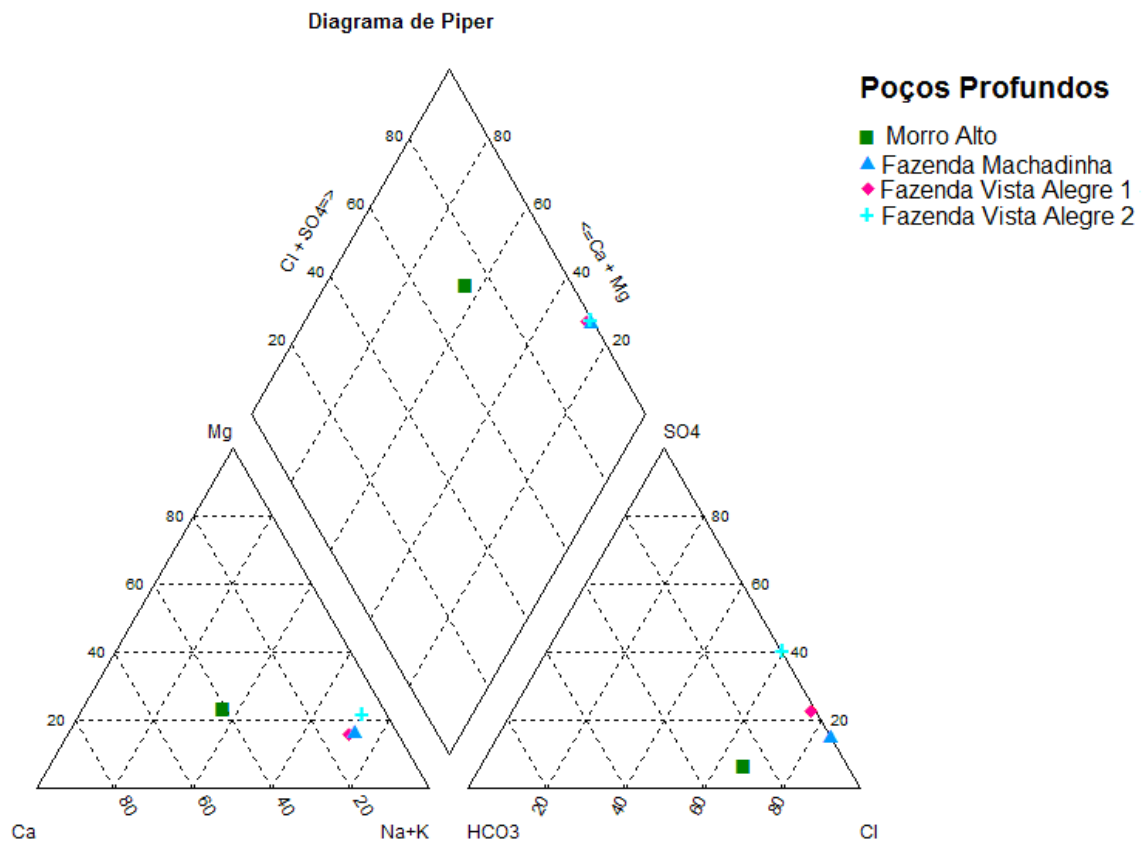


Figura 6.8 – Diagrama de Piper referente aos poços profundos.

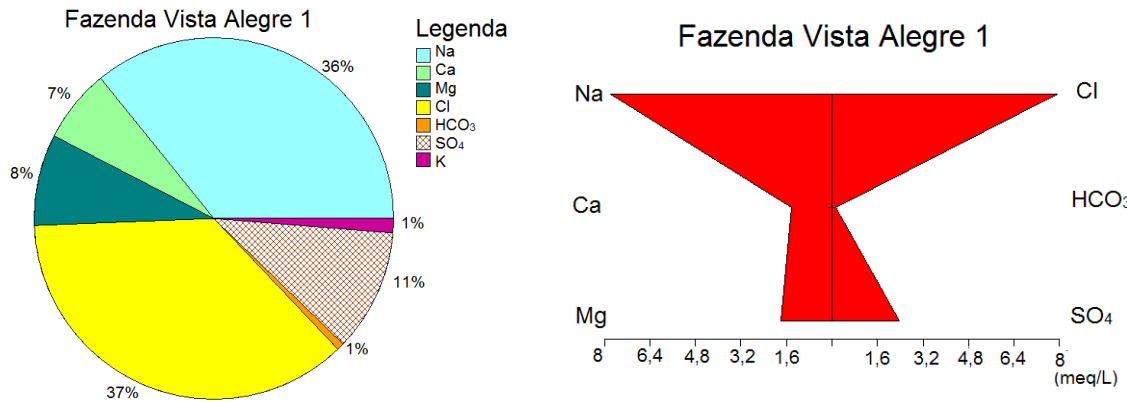


Figura 6.9 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço profundo da Fazenda Vista Alegre 1.

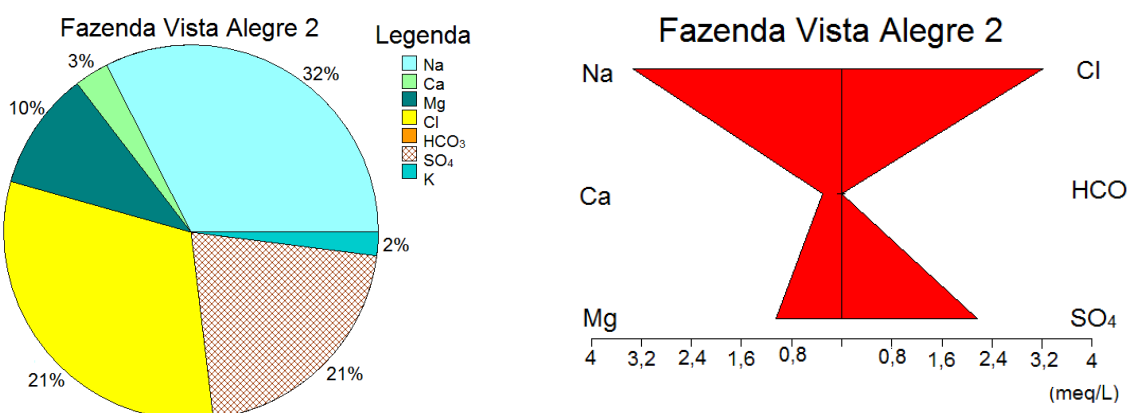


Figura 6.10 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço profundo da Fazenda Vista Alegre 2.

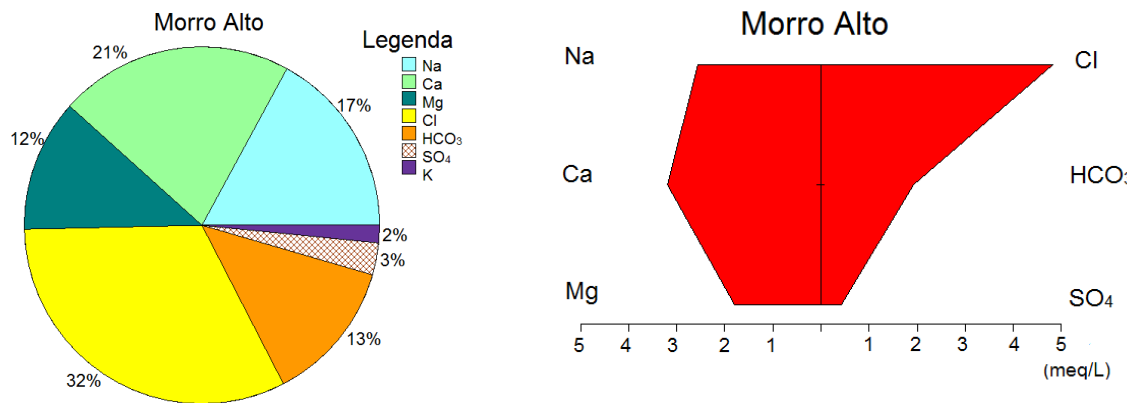


Figura 6.11 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço profundo de Morro Alto.

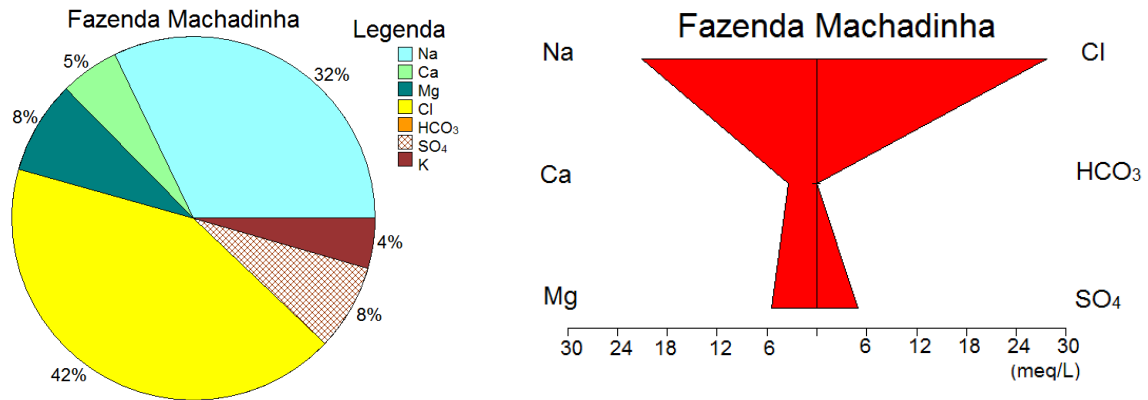


Figura 6.12 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço profundo da Fazenda Machadinha.

De acordo com os diagramas de Piper (Figura 6.9) e Stiff (Figura 6.10 a 6.15) os poços rasos de Conde de Arruama, São Miguel e Santa Catarina são classificados como Águas Cloretadas Sódicas, enquanto o da Fazenda Pitanga como Água Bicarbonatada Cálcica e o de São José como Água Sulfatada Magnésiana. A Lagoa Feia foi classificada como uma Água Cloretada. Pode-se concluir que os poços rasos de Quissamã tem a predominância de Águas Cloretadas Sódicas com 60% de acordo com as amostras retiradas do local.

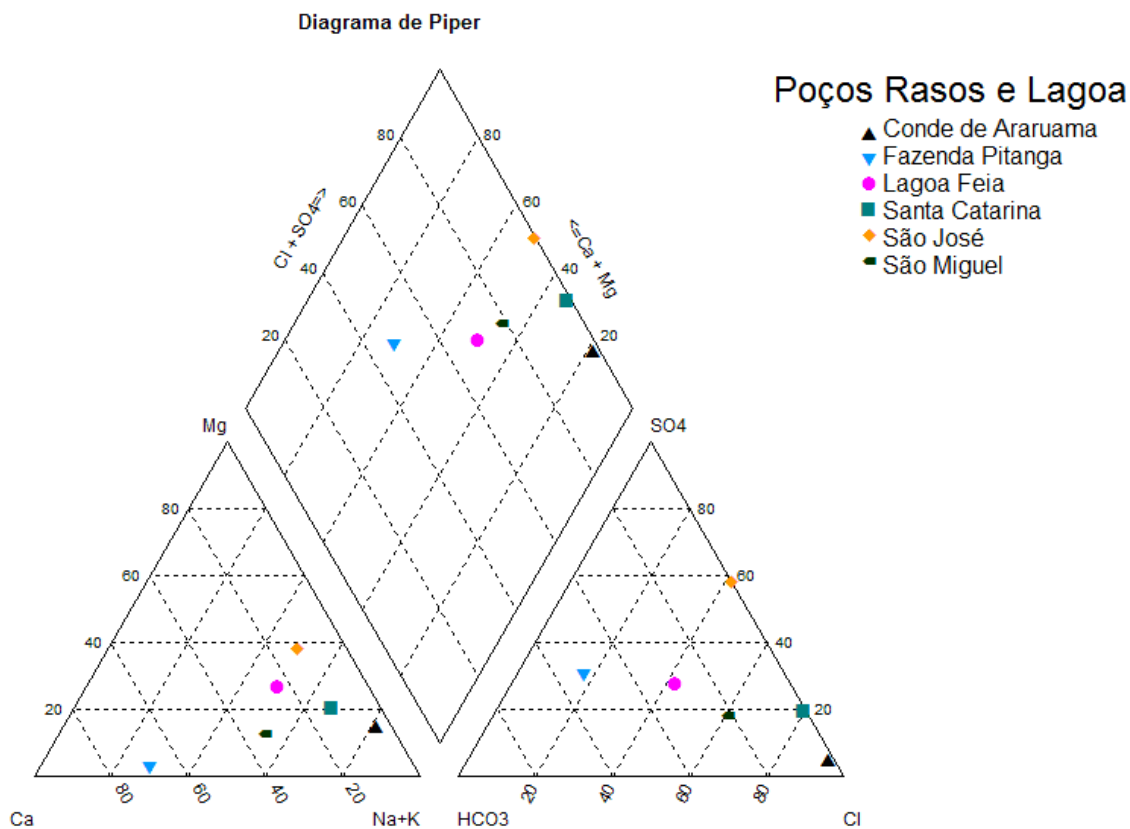


Figura 6.13 – Diagrama de Piper referente aos poços rasos e lagoa.

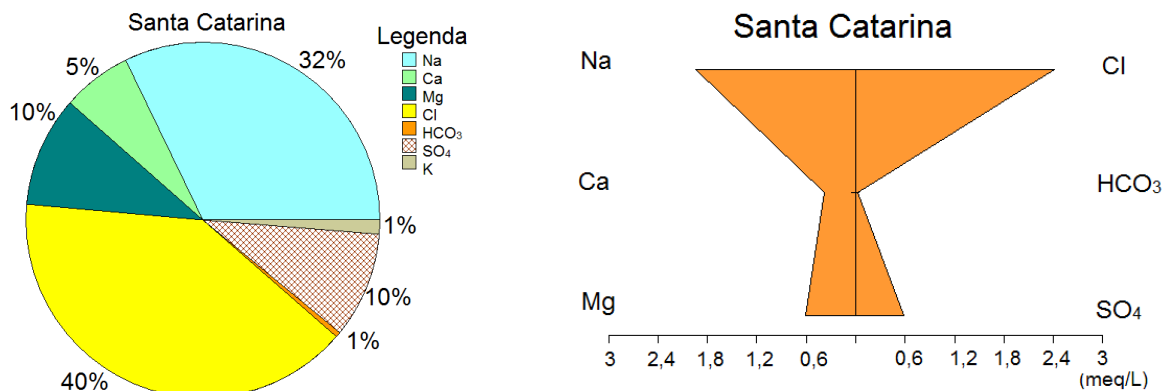


Figura 6.14 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso de Santa Catarina.

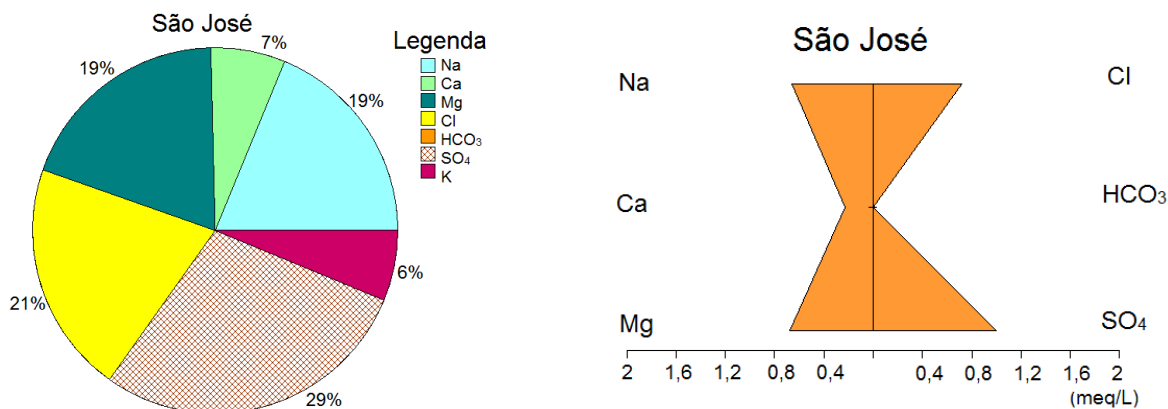


Figura 6.15 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso de São José.

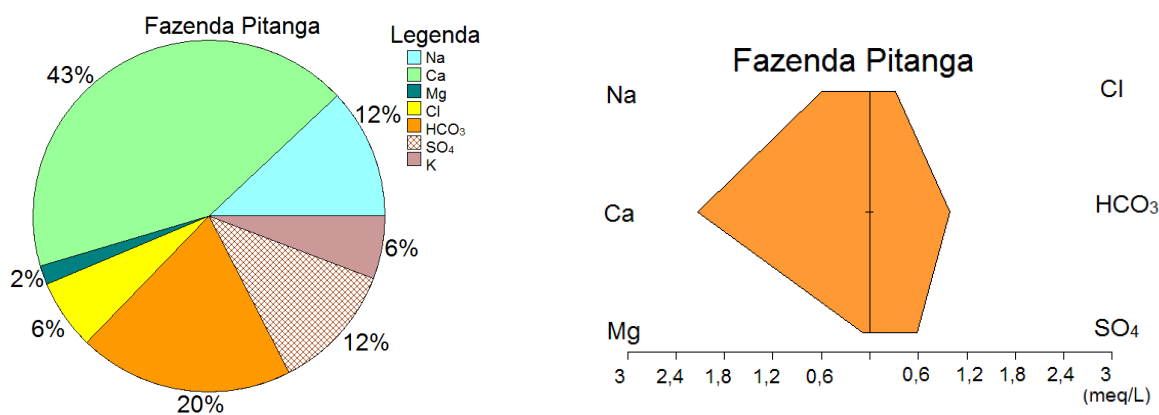


Figura 6.16 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso da Fazenda Pitanga.

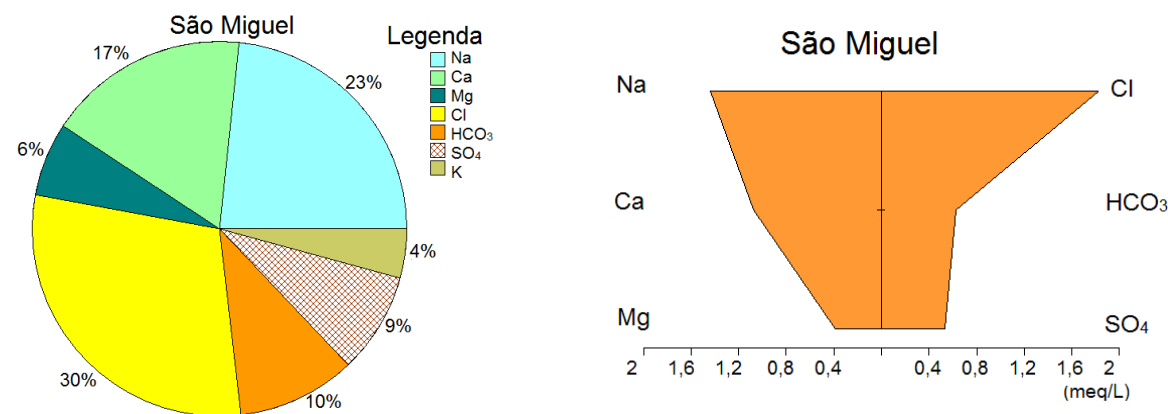


Figura 6.17 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso de São Miguel.

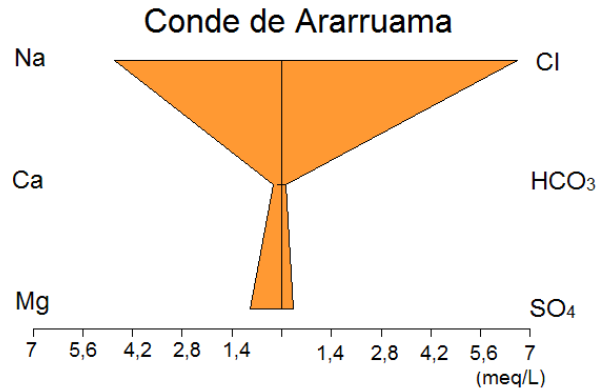
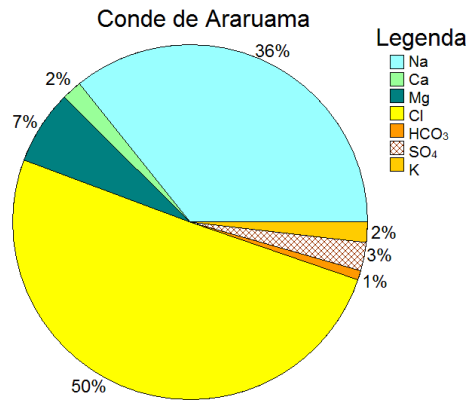


Figura 6.18 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente ao poço raso de Conde de Araruama.

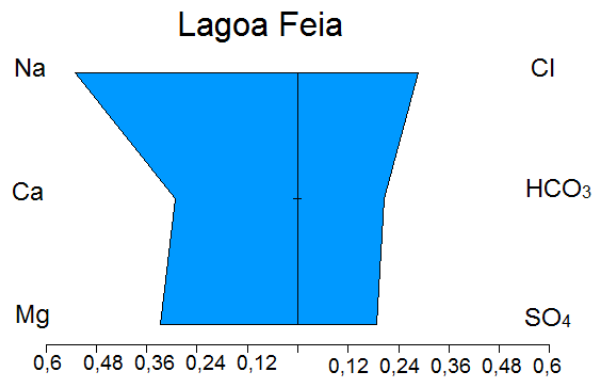
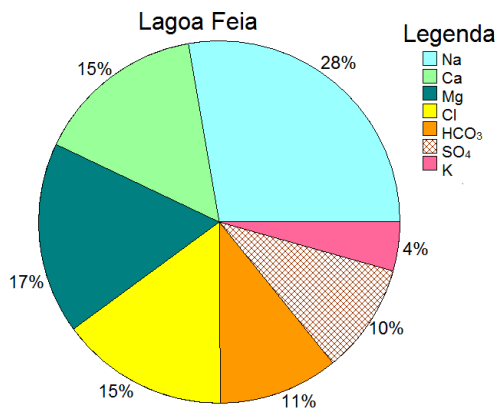


Figura 6.19 – Gráfico das porcentagens de alguns elementos da amostra e diagrama de Stiff referente a Lagoa Feia.

De acordo com os diagramas de Piper (Figura 6.16) e Stiff (Figura 6.17) os poços profundos e rasos de Quissamã possuem predominância em sua classificação de Águas Cloretadas Sódicas, conforme as amostras retiradas do local.

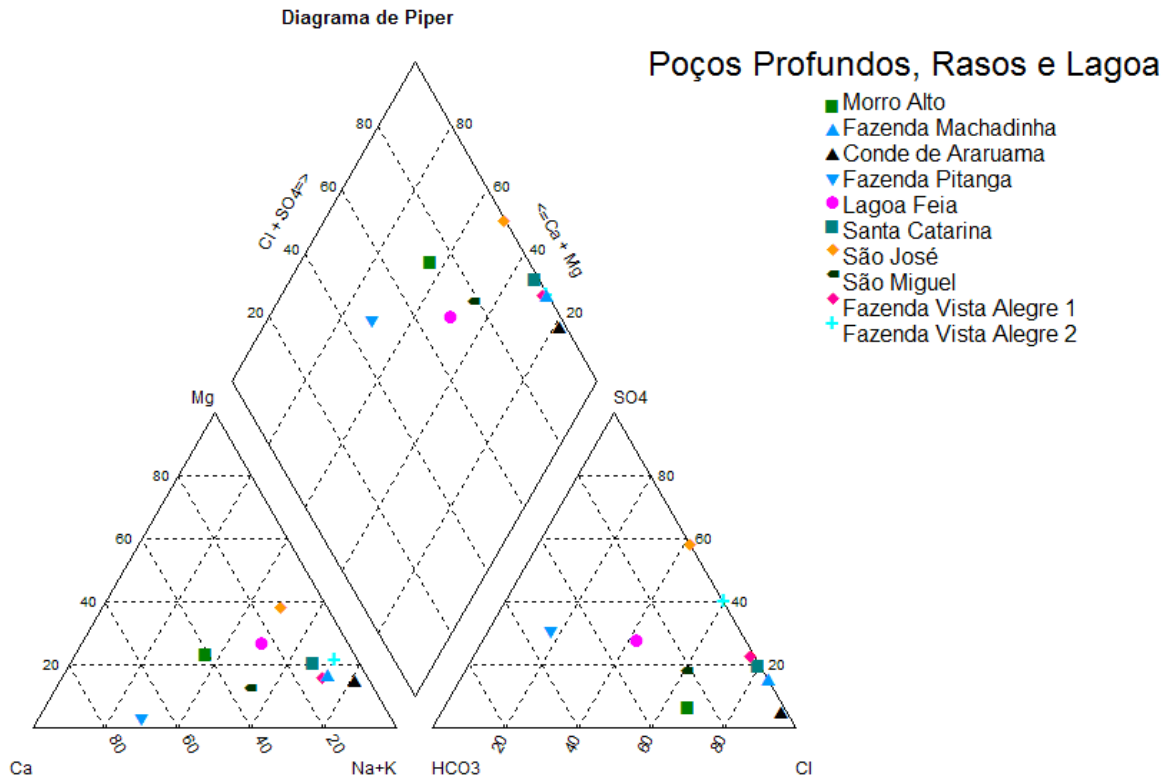


Figura 6.20 – Diagrama de Piper referente aos poços profundos, rasos e lagoa.

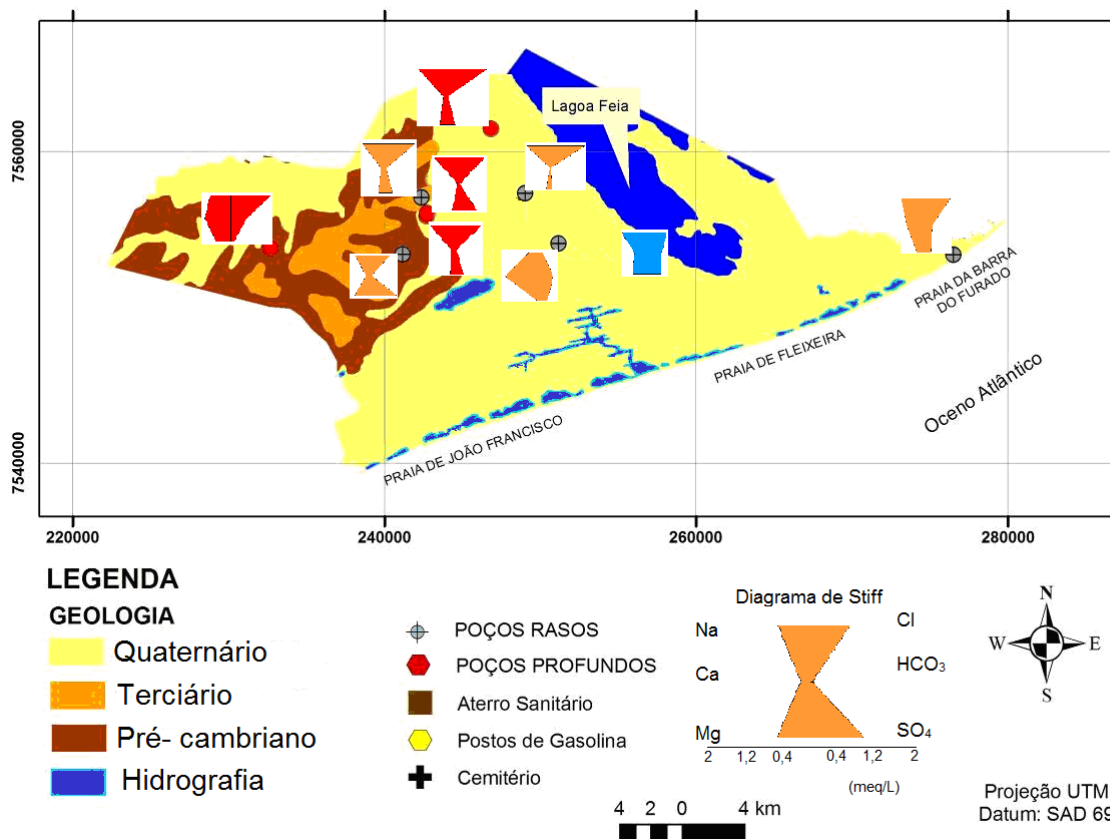


Figura 6.21 – Mapa de espacialização dos diagramas de Stiff (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento – OFIGEO/UENF. Compilado do CPRM, 2001).

6.2.4 Análises Bacteriológicas

O mapa de geologia da região em estudo (Figura 6.18) orientou o trabalho de coleta das amostras de água no campo, fase em que foi utilizado o GPS para localização dos pontos já cadastrados anteriormente. A coleta das amostras de água foi baseada no tipo de uso e ocupação do solo.

Os poços rasos e profundos estão localizados em núcleos urbanos e em áreas rurais, próximos a postos de gasolinas, cemitério, aterro sanitário, plantações de cana-de-açúcar e criação de bovinos, ou seja, fontes de contaminação (Apêndice IV).

As análises bacteriológicas foram realizadas pelo laboratório bacteriológico da FUNDENOR-Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional em Campos dos Goytacazes. Nestas análises foram verificados os seguintes parâmetros: coliformes totais e coliformes termotolerantes.

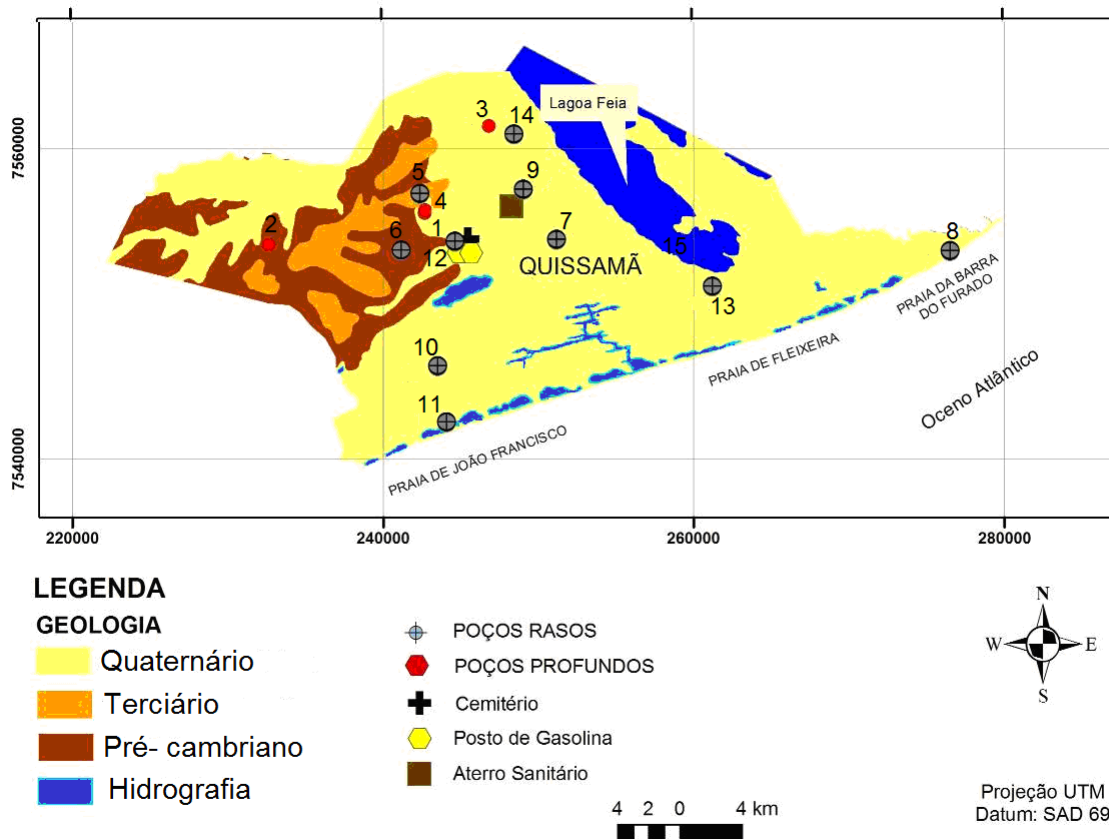


Figura 6.22 – Mapa de espacialização dos pontos coletados para realização das análises bacteriológicas (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento – OFIGEO/UENF. Compilado do CPRM, 2001).

A Tabela 6.11 apresenta a identificação de cada poço entre rasos e profundos, as coordenadas UTM, localidade e coliformes totais e termotolerantes, totalizando 4 poços profundos, 10 rasos e Lagoa Feia. A Tabela 6.12 possui os dados medidos em campo dos pontos de coleta para as análises bacteriológicas.

Tabela 6.8 Tabela de poços.

| Identificação do Poço | | E | N | Localidade | Coliformes totais (NMP/100ml) | Coliformes termotolerantes (NMP/100 ml) |
|-----------------------|---|---------|---------|------------------------|-------------------------------|---|
| Poços Profundos | 1 | 0242679 | 7555852 | Fazenda Vista Alegre 1 | 220 | 22 |
| | 2 | 0232644 | 7553796 | Morro Alto | 79 | 0 |
| | 3 | 0246817 | 7561440 | Fazenda Machadinha | 0 | 0 |

| | | | | | | |
|-------------|----|---------|---------|------------------------|------|-----|
| | 4 | 0242713 | 7556023 | Fazenda Vista Alegre 2 | 13 | 0 |
| Poços Rasos | 5 | 0242340 | 7557055 | Santa Catarina | 920 | 24 |
| | 6 | 0241132 | 7553414 | São José | 280 | 280 |
| | 7 | 0251159 | 7554078 | Fazenda Pitanga | 2400 | 140 |
| | 8 | 0276516 | 7553361 | São Miguel | 1600 | 70 |
| | 9 | 0249026 | 7557318 | Conde de Araruama | 7 | 0 |
| | 10 | 0243513 | 7545946 | Capão da Clara | 26 | 0 |
| | 11 | 0244074 | 7542340 | Praia João Francisco | 49 | 11 |
| | 12 | 0244605 | 7553978 | Centro | 920 | 5 |
| | 13 | 0261209 | 7551074 | Fazenda Pitanga | 0 | 0 |
| | 14 | 0248421 | 7560888 | Bacural | 920 | 280 |
| Lagoa Feia | 15 | 0255598 | 7554980 | Lagoa Feia | 2400 | 14 |

Valores máximos permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518 (2004) para consumo humano:

Coliformes totais: 0 NMP/100ml; Coliformes termotolerantes: 0 NMP/100 ml.

Tabela 6.9 Dados medidos no campo.

| Identificação do Poço | Nível d'água (m) | Profundidade (m) | pH | Temperatura (°C) | Condutividade (µs/cm) | |
|-----------------------|------------------|------------------|--------|------------------|-----------------------|-----|
| s Profu | 1 | 29,24 | 36,00 | 4,1 | 28,7 | 900 |
| | 2 | Poço lacrado | 101,00 | 5,1 | 29,6 | 609 |

| | | | | | | |
|-------------|------------|--------|--------|------|------|------|
| | 3 | 119,44 | 128,00 | 5,4 | 28,3 | 3240 |
| | 4 | 16,68 | 30,00 | 5,0 | 26,6 | 441 |
| Poços Rasos | 5 | 3,00 | 4,00 | 3,6 | 29,2 | 192 |
| | 6 | 8,00 | 13,00 | 5,0 | 26,3 | 261 |
| | 7 | 2,05 | - | 6,7 | 29,1 | 146 |
| | 8 | 0,62 | - | 7,0 | 28,3 | 147 |
| | 9 | 1,86 | 10,00 | 6,6 | 26,6 | 368 |
| | 10 | 2,00 | 6,00 | 6,3 | 30,3 | 368 |
| | 11 | 2,36 | 12,00 | 6,7 | 27 | 189 |
| | 12 | 2,55 | 7,00 | 6,7 | 30,6 | 364 |
| | 13 | 1,82 | 8,00 | 4,8 | 27 | 118 |
| | 14 | 3,32 | - | 5,6 | 28,8 | 37 |
| | Lagoa Feia | 15 | 0,00 | 2,24 | 6,9 | 23,6 |

Valores máximos permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde nº 518 (2004) para consumo humano:

pH: 6 à 9,5.

Das 15 amostras in natura analisadas, 13 (86,7%), não estão apropriadas para o consumo humano, sem prévia ou com simples desinfecção, apresentando índices de coliformes fecais e totais acima dos prescritos. Para a Portaria do Ministério da Saúde nº518, assim como nas recomendações da OMS, o valor deve ser de 0 (zero) coliformes totais por litro, mesmo valor aceite para os coliformes fecais.

De uma forma geral, esta água é utilizada para todos os fins pela população local, tanto para beber como cozinhar e também para higiene e limpeza. Mais uma vez vale a pena destacar que os poços são, em sua grande maioria, do tipo cacimba, e via de regra com péssima vedação, o que os deixa mais sujeitos à contaminação do que os do tipo tubular.

6.2.5 Monitoramento da Lagoa Feia

De acordo com as imagens de satélite (Figura 6.19) em diferentes períodos do tempo (1999, 1986 e início do século XX- mapa de Alberto Lamego) a superfície da

Lagoa Feia atualmente é da ordem de 173 Km², enquanto no início do século passado era de 275 Km² e gerando uma redução de 102 Km², o que resulta em uma perda de cerca de 37%.

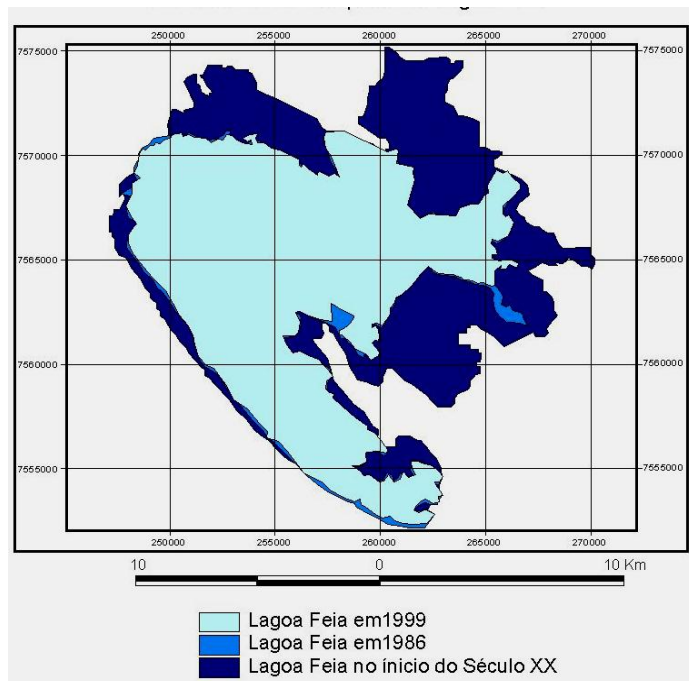


Figura 6.23 - Monitoramento temporal do espelho d'água da Lagoa Feia (Fonte: Oficina de geologia e geoprocessamento – OFIGEO/UENF. Compilado do satélite SAD e mapa de Alberto Lamego, 2010).

A profundidade média que era da ordem de 3,0m, no início do século XX, hoje não passa de 1,8m e a máxima de 2,7m de acordo com o levantamento batimétrico executado pela Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional – FUNDENOR em dezembro de 1998 e também com as leituras realizadas diariamente pela prefeitura (Figura 6.20), conforme Anexo I.



Figura 6.24 – Leitura da lâmina d'água realizada pela prefeitura de Quissamã na Lagoa Feia (16/02/2011).

6.2.6 Análise Pluviométrica da Região

Foi realizada uma análise da pluviometria de Quissamã com base nos dados referentes ao município de Macaé durante o período de 2004 a 2010 obtidos pelo LAMET- Laboratório de Meteorologia em Macaé (Tabela 6.13), que fica situado próximo a região. Devido à carência (poucos e falhos) de dados dos índices pluviométricos foi instalada uma estação meteorológica (Figura 6.21) no município para conhecimento dos dados reais e utilização em futuros trabalhos.



Figura 6.25 – Instalação da Estação Meteorológica em Quissamã.

Tabela 6.10. Dados pluviométricos da estação de Macaé- Precipitação em mm (Lat:22° 24' 14"; Long: 41° 51' 33").

| Mês/Ano | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | MÉDI A |
|-----------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----------|
| Janeiro | 221 | 216,8 | 55,8 | 309,9 | 334,7 | 327,6 | 51,8 | 216,8 |
| Fevereiro | 182 | 194,2 | 25 | 97,4 | 159,8 | 193,8 | 42,4 | 127,8 |
| Março | 79,2 | 203,5 | 61,2 | 37,4 | 147,4 | 51,2 | 167 | 106,7 |
| Abril | 96,2 | 59,8 | 66,8 | 74,6 | 324,2 | 175,8 | 105,4 | 129,0 |
| Maio | 71,8 | 55,8 | 49,2 | 86 | 39,6 | 57 | 50,2 | 58,5 |
| Junho | 18,4 | 82,2 | 35,6 | 21,2 | 46,6 | 65,2 | 48 | 45,3 |
| Julho | 193 | 51,9 | 83,6 | 28,2 | 22,4 | 52,8 | 84,6 | 73,8 |
| Agosto | 27 | 23,4 | 58 | 44,6 | 24,6 | 19,4 | | 32,8 |
| Setembro | 16,6 | 216,4 | 65 | 21,6 | 167,8 | 91 | | 96,4 |
| Outubro | 120,4 | 46,6 | 77,2 | 112,6 | 198,8 | 119,8 | | 112,6 |
| Novembr | 181,8 | 200 | 194 | 215,1 | 395,8 | 104 | | 215,1 |

| | | | | | | | | |
|--------------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--|-------|
| o | | | | | | | | |
| Dezembr o | 58,4 | 293 | 166,4 | 155,4 | 231,9 | 269,8 | | 195,8 |
| Total | 1265,8 | 1643,6 | 937,8 | 1204 | 2093,6 | 1527,4 | | |

Campo preenchido com valor médio devido a falhas nos dados.
 Dados fornecidos pelo INMET (Lat: 22, 3763°; Log: 41,8122°)

6.2.7 Cálculo da Área de Captação e Volume de Água Captado

Para o cálculo da área de contribuição foi levada em consideração a ação dos ventos e superfícies inclinadas, utilizando a equação abaixo e foi adotado o caimento da cobertura igual a 5% (Figura 6.22):

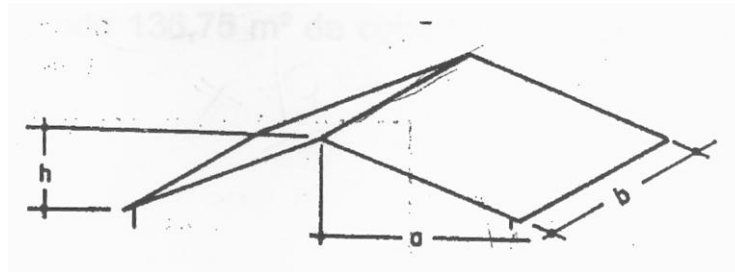


Figura 6.26- Indicações para cálculo da área de contribuição (NBR10844).

b= 10 m;

a= 3 m;

h= 0,15 m.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \times b$$

$$A = \left(3 + \frac{0,15}{2} \right) \times 10$$

$$A = 30,75m^2 \rightarrow \text{metade do telhado}$$

$$A = 61,5m^2 \rightarrow \text{telhado inteiro}$$

Volume de água captado:

Os dados de entrada nesse método são: precipitação média mensal (mm), demanda mensal (m³), área de coleta (m²), e coeficiente de escoamento superficial (CES).

Dados de saída:

- Volume aproveitável (m³): volume máximo de água pluvial que poderá ser coletado no intervalo de um mês. Sendo:

$$V = P \times A \times CES$$

Onde:

V= volume mensal ou diário de água pluvial (m³);

P= precipitação média mensal ou diária (mm);

A= área de coleta (m²);

CES= coeficiente de Runoff* (material cerâmico= 0,8).

- Demanda - Volume aproveitável (m³): diferença entre o volume da demanda a ser atendida e o volume de água pluvial aproveitável;

- Diferença acumulada (m³): volume obtido pelo somatório das diferenças, considerando apenas os valores positivos, do volume aproveitável menos a demanda.

Sendo que, uma família de cinco pessoas (demanda) consome:

$$Q_{fam} = 200 \frac{l}{dia} \times n^{\circ} pessoas$$

$$Q_{fam} = 200 \frac{l}{dia} \times 5$$

$$Q_{fam} = 1000 \frac{l}{dia} = 1m^3$$

Tabela 6.11 Cálculo do volume de água captado.

| | Precipitação (mm) | Área coletada (m ²) | CE S (-) | Volume Aproveitável (m ³) | Demanda Mensal (m ³) | Demanda- Volume Aproveitável (m ³) | Diferença Acumulada (m ³) |
|-----------|----------------------|------------------------------------|----------------|--|-------------------------------------|--|--|
| Janeiro | 216,8 | 61,5 | 0,8 | 10,67 | 30 | 19,33 | 19,33 |
| Fevereiro | 127,8 | 61,5 | 0,8 | 6,29 | 30 | 23,71 | 43,05 |
| Março | 106,7 | 61,5 | 0,8 | 5,25 | 30 | 24,75 | 67,80 |
| Abril | 129 | 61,5 | 0,8 | 6,35 | 30 | 23,65 | 91,45 |
| Maior | 58,5 | 61,5 | 0,8 | 2,88 | 30 | 27,12 | 118,57 |

| | | | | | | | |
|----------|-------|------|-----|-------|----|-------|--------|
| Junho | 45,3 | 61,5 | 0,8 | 2,23 | 30 | 27,77 | 146,34 |
| Julho | 73,8 | 61,5 | 0,8 | 3,63 | 30 | 26,37 | 172,71 |
| Agosto | 32,8 | 61,5 | 0,8 | 1,61 | 30 | 28,39 | 201,10 |
| Setembro | 96,4 | 61,5 | 0,8 | 4,74 | 30 | 25,26 | 226,35 |
| Outubro | 112,6 | 61,5 | 0,8 | 5,54 | 30 | 24,46 | 250,81 |
| Novembro | 215,1 | 61,5 | 0,8 | 10,58 | 30 | 19,42 | 270,23 |
| Dezembro | 195,8 | 61,5 | 0,8 | 9,63 | 30 | 20,37 | 290,60 |

7- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com o que foi exposto neste trabalho pode-se concluir que a principal fonte de abastecimento do município –Lagoa Feia- vem perdendo sua lâmina d'água a cada década, caso a exploração continue na mesma intensidade poderá ocorrer o desaparecimento deste corpo hídrico e o município ficará sem abastecimento de água. Observa-se nas imagens de satélite que a lagoa teve seu espelho d'água reduzido em 102 Km², de 275 Km² para 173 Km², o que resulta em uma perda de cerca de 37%. O levantamento batimétrico executado FUNDENOR em 1998 e segundo leituras diárias realizadas pela prefeitura, constatou que a lagoa tinha

uma profundidade média de 1,8m e máxima de 2,7m. A profundidade média era da ordem de 3,0m, no início do século XX.

A utilização de técnicas de geoprocessamento na confecção dos mapas de espacialização dos pontos visitados foram fundamentais para a potencialização dos resultados. As ferramentas do SIG e o GPS agilizaram a elaboração dos planos de informação e permitiram criar banco de dados, manipular dados espaciais, cruzar informações e exibir estas relações na forma de mapas.

Com os resultados de condutividade elétrica encontrados pode-se notar uma amostra (Fazenda Machadinho) com valor superior a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, indicando maior presença de sais. A condutividade das amostras variou de 37 a 3240 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e o pH variou de 3,6 a 7,9 em campo. Segundo a Portaria do Ministério da Saúde n° 518 o pH permitido para consumo humano deve variar entre 6 e 9,5.

Com os resultados obtidos com as análises hidroquímicas em laboratório e de acordo com os gráficos de Piper e Stiff pode-se concluir que: nos poços profundos da Fazenda Machadinho, Fazenda Vista Alegre 1 e Fazenda Vista Alegre 2 tratam-se de uma Água classificável como Cloretada Sódica; no poço profundo de Morro Alto trata-se de uma água potencialmente classificável como Cloretada Cálcica; o poço raso da Fazenda Pitanga trata-se de uma água potencialmente classificável como Bicarbonatada Cálcica, os poços rasos de São Miguel, São José, Conde de Araruama e Santa Catarina como Cloretada Sódica, o de São José como Sulfatada Magnésiana e a Lagoa Feia como Cloretada. De acordo com as amostras, os poços profundos e rasos de Quissamã possuem predominância em sua classificação de Águas Cloretadas Sódicas.

Foram encontradas concentrações de Alumínio e Ferro acima e bem altas comparadas aos valores permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde n° 518, em 80% e 90% das amostras, respectivamente. O acúmulo de alumínio no corpo pode danificar o sistema nervoso central, a estrutura óssea do ser humano e até causar câncer, já o ferro em sua carência causa anemia e seu excesso aumenta a incidência de problemas cardíacos e diabetes. A inalação de ferro ou de seus óxidos produz pneumoconiose, causando bronquite crônica.

Os resultados das análises bacteriológicas da Lagoa Feia e de 12 entre 14 poços coletados indicavam água imprópria para consumo humano sem prévio tratamento, ou seja, in natura. Segundo a portaria nº518 do Ministério da Saúde é recomendável ausência de coliformes na água para consumo humano.

As amostras coletadas apresentaram coliformes totais variando de 0 a 2400 NMP/100ml e coliformes termotolerantes de 0 a 280 NMP/100ml. Apenas o poço profundo da Fazenda Machadinha e o poço raso da Fazenda Pitanga estavam dentro dos padrões estabelecidos. Os demais poços profundos e rasos apresentaram alto índice de coliformes totais devido suas localizações serem próximas à áreas de criação de bovinos e/ou apresentarem um frágil sistema de vedação.

A determinação da concentração dos coliformes indica a possibilidade da existência de microorganismos patogênicos, responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tais como: febre tifóide, disenteria bacilar, cólera entre outras.

A água subterrânea não deve ser consumida in natura, sem prévio tratamento, mas existe em grandes volumes e quando captadas de forma adequada apresentam baixos custos de tratamento.

Apesar do índice pluviométrico da região ser baixo, a pesquisa é válida. A captação das águas pluviais nos meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro é alto em comparação com os outros meses do ano na região. Esta captação atenderia grande parte do consumo de uma família que reside na Holanda, onde o consumo per capita é de 135 litros/pessoa/dia. Além disso, caracteriza uma diminuição na demanda de água fornecida pelas companhias de saneamento, tendo como consequência a diminuição dos custos com água potável, a redução dos riscos de enchentes em caso de chuvas intensas.

Para todo município, recomendam-se trabalhos de educação ambiental com a finalidade de conscientização da comunidade sobre a importância da água subterrânea como bem de consumo sendo instruídas ações práticas como a utilização de cisternas, filtros, construção de fossas longe de poços, dentre outros.

Tendo em vista a abrangência e as potencialidades deste estudo, pode-se assim contribuir para o meio técnico com documentos ricos e incisivos, norteadores

para o planejamento do uso dos recursos hídricos do município de Quissamã, bem como fornecer subsídios para realização de trabalhos semelhantes em outras cidades.

Conclui-se que a solução para o Município de Quissamã é o abastecimento com gestão integrada dos recursos hídricos (águas superficiais, subterrâneas e reuso de águas pluviais) de forma sustentável, para garantir abastecimento de água às gerações futuras. O uso descontrolado pode gerar um grave problema municipal.

8. REFERÊNCIAS

ALVES, C. P. et al. **Implementação de sistemas de aproveitamento de recursos naturais na Escola Adventista de Macaé.** (2011). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro- UENF. Campos dos Goytacazes, RJ. (Monografia de graduação).

ALVES, M. G. **Criação da base de dados do Projeto CENPES/ANPETRO 11874.** (2010). In: I Workshop Projeto Emborê – Avaliação Hidrológica da Formação Emborê na Porção Emersa da Bacia Sedimentar de Campos - CENPES/ ANPETRO

11874. Rede Temática: Gerenciamento de Águas no Segmento de Produção de Petróleo. IFF (Instituto Federal Fluminense)/ Quissamã – Rio de Janeiro.
- ALVES, M.G, Guimarães, R.F. & Barroso, J.A. **Geoprocessamento e mapeamento geológico-geotécnico aplicados a análise ambiental.** (1998). In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Expogeo 98 - Exposição Brasileira de Geologia. Belo Horizonte - MG.
- ALVES, M.G & Barroso, J.A. **Técnicas de geoprocessamento aplicadas ao diagnóstico de impactos ambientais e ao uso e ocupação do solo.** (1999). In: Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia. Águas de São Pedro - SP.
- AMBIENTE BRASIL. **Avanço da Qualidade da Água.** (2008). Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/composer.php3?base=./agua/doce/index.html&conteudo=./agua/doce/artigos/qualidade.html>>. Acesso em: 10 setembro 2010.
- BENTO, E. S. **Hidrogeoquímica e Modelo Hidrogeológico das Águas Subterrâneas no Baixo Curso do Rio Macaé, Município de Macaé- RJ.** (2006). Dissertação de mestrado (Instituto de Geociências- Departamento de Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)- RJ.
- BRASIL. **Ministério da Saúde. Portaria nº 518.** (2004). Dispõe sobre o padrão de qualidade das águas. Brasília (DF).
- BORGUETTI, N.R. B. et al. **Aquífero Guanari. A verdadeira integração dos países do Mercosul.** (2004). Fundação Roberto Marinho/ Itaipu Binacional.
- BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental- O desafio do desenvolvimento sustentável.** (2005). Pearson – Prentice Hall. 2ª edição. São Paulo - SP.
- CABRAL, J. J. S. P. e PAIVA, A. L. R. **Água Subterrânea: Aquíferos Costeiros e Aluviões, Vulnerabilidade e Aproveitamento.** (2004). Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) – RN.
- CAPUCCI, E., MARTINS, A. M., MANSUR, K.L., MONSORES, A.L.M. (2001). **Poços tubulares e outras captações de água subterrânea – Orientação aos usuários – Rio de Janeiro- RJ.**
- CETESB - **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - Noções e Definições em Hidrogeologia.** <http://www.cetesb.sp.gov.br/>. Acesso em 22/11/2010.
- CIDE. **Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro. Território.**

(2005). Rio de Janeiro.

CLEARY, R. W. **Águas Subterrâneas**. (2007). Princeton Groundwater, inc. Clean Environment Brasil. Produtos e Tecnologia para o Meio Ambiente.

COELHO, A.M. **Utilização de geoprocessamento no planejamento do uso das terras para o desenvolvimento urbano do município de São Francisco do Itabapoana / RJ**. (2008). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro- UENF. Campos dos Goytacazes, RJ. (Dissertação de mestrado).

COSTA, A. N. **Estudos geológico-ambientais para o planejamento territorial do município de Campos dos Goytacazes/RJ**. (2009). Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. Rio de Janeiro- RJ. (Tese de doutorado).

COSTA, W. D., MENEGASSE, L. N., FRANCO, R. D. **Contaminação da água subterrânea relacionada com os cemitérios da Paz e da Saudade no município de Belo Horizonte, Minas Gerais**. (2002). *In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*, Florianópolis – SC, Vol. 1, p. 1-14.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 357 23 de janeiro de 2005**. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama. Acesso em 05 de janeiro de 2012.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 396 03 de abril de 2008**. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama. Acesso em 05 de janeiro de 2012.

CPRM - **Companhia de Pesquisa e Recursos Minerais. Ministério das Minas e Energia / Secretaria de Minas e Metalurgia / Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais**. (2001). Projeto Rio de Janeiro, CD-ROM. Brasília.

CUSTÓDIO, E. **Notas sobre Hidroquímica**. (1965). Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y Servicio Geológico de Obras Públicas. Barcelona.

CUSTÓDIO, E.; LAMAS, M. R.; **Hidrogeologia Subterrânea**. (1983). Barcelona, Editora Omega. 2359 pg.

FEITOSA, F.A.C.; MANOEL FILHO, J. (Coord.). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações**. (2000). 2.ed. Fortaleza: CPRM: UFPE.

FERREIRA JÚNIOR, L. G. **Monitoramento e avaliação da contaminação de água potável através do método do substrato definido-cromogênico a nível municipal do SUS**. (2002). Fundação Oswaldo Cruz, Escola Nacional de Saúde Pública – FIOCRUZ/ENSP. Rio de Janeiro - RJ. (Dissertação de mestrado).

- FETTER, C. W. (2002). **Applied hydrogeology**. New Jersey, Prentice Hall.
- FILHO, J.M. (2000). **Contaminação das águas subterrâneas. In: Hidrologia-Conceptos e Aplicações.**
- FOSTER, S. S. D. E HIRATA, R. **Determinacion del Riesgo de Contaminacion de Águas Subterrâneas – una metodologia basada en datos existentes.** (1991). 2ª Edição. Lima, Peru: Centro Panamericano de Ingenieria Sanitaria y Ciencias del Ambiente / Organizacion Mundial de la Salud.
- FREEZE, R. A.; CHERRY, J. A. (1979). **Groundwater**. Prentice Hall, Inc. Engewood Cliffs.
- FRITZSONS, E., MANTOVANI, L. E., MABU, S., RIZZI, N. E., BITTENCOURT, A. V. L. (2002). **A Proteção dos recursos hídricos e o uso da terra na Bacia do Alto Capivari – PR. In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.** Florianópolis – SC.
- FUNDENOR - **Fundação Norte Fluminense de Desenvolvimento Regional.** (1998). Mapa de batimetria.
- HIRATA, R. C. A. **Fundamentos e estratégias de proteção e controle da qualidade das águas subterrâneas. Estudos de casos no Estado de São Paulo.** (1994). Tese de doutoramento (Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – São Paulo – SP, Universidade de São Paulo – USP.
- HIRATA, R. C. A. **Recursos Hídricos.** (2000). In: TEIXEIRA, W., TOLEDO, M. C. M., FAIRCHILD, T. R., TAIOLI, F., Decifrando a Terra.
- IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, <http://www.ibge.com.br> em 2010. Acesso em 02/09/2010.
- IPIRA. **Plano de desenvolvimento municipal: diagnóstico agropecuário à implantação de um plano de ação.** (1996). Prefeitura Municipal de Ipira/SC.
- MONSORES, A. L. M. **Estudos Hidrogeológicos e Hidrogeoquímicos em Aquíferos Fraturados: Bacia Superior do Córrego do Açude- Distrito de Raposo- Itaperuna/RJ.** (2003). Dissertação de mestrado (Instituto de Geociências- Departamento de Geologia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)- RJ.
- MATOS, B. A. **Avaliação da ocorrência e do transporte de microrganismos no aquífero freático do cemitério de Vila Nova Cachoeirinha, município de São Paulo.** (2001). Tese de doutoramento (Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia) – São Paulo - SP, Universidade de São Paulo – USP, 172p.

NBR10844- **Instalações Prediais de Águas Pluviais.** (1989).

NBR15527- **Água de Chuva: Aproveitamento de Coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: Requisitos.** (2007).

Noções de hidrogeologia. <http://www.ebah.com.br/nocoos-de-hidrogeologia-pdf-a29276.html>. Acesso em 22/11/2010.

OLIVEIRA, A. M. S. ; BRITO, S. N. A .(1998). **Geologia de Engenharia** – São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia.

OMS. **Índices de Calidad de Água e Salud. Organizacion Mundial de la Salud.** (1970). Disponível em <http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/2000_globs6.pdf> Acesso em: 10 abril 2010.

OMS. **Guidelines for Drinking-water Quality.** (2004). Vol. 1, 3ª ed. Organização Mundial de Saúde. Disponível em: <http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3/en>. Acesso em: 23 outubro 2010.

PDDSQ – **Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Quissamã – RJ. Perfil Físico-Geográfico e Ambiental.** (2006).

PDDSQ – **Plano Diretor de Desenvolvimento Sustentável de Quissamã – RJ. Infra-Estrutura e Serviços Urbanos, Infra- Estrutura Social e Memória.** (2006).

ROCHA, S. F. **Análise da Vulnerabilidade dos Aqüíferos Livres com Finalidade de Investigação Preliminar do Risco de Contaminação por Saneamento *In Situ* Estudo de Caso: Baixada Campista – Campos dos Goytacazes - RJ.** (2004). Dissertação de mestrado. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) - RJ.

ROCHA, C.F.D; BERGALLO, H.G; ALVES, M.A.S; SLUYS, M.V. **Os Grandes Blocos de Remanescentes Florestais do Estado do Rio de Janeiro.** (2003). In: A biodiversidade nos grandes remanescentes florestais do estado do Rio de Janeiro e nas restingas da mata atlântica. Rio de Janeiro: UERJ.

ROSÁRIO, F. F. **A Prevenção da Contaminação de Aqüíferos por combustíveis através de análises de vulnerabilidade Estudo de Caso: XXIV Barra da Tijuca.** (1999). Rio de janeiro, Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ciências em Planejamento Energético), - Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, 163 p.

Sabesp. (2010). Disponível em: <http://www.agsolve.com.br/noticia.php?cod=3325>. Acesso em: 19 de janeiro de 2012.

SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica. In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações.** (1997). Coordenadores: Fernando Antônio Carneiro Feitosa / João Manoel Filho. Fortaleza. CPRM / LABHID – UFPE. 1ª Ed.

SANTOS, A. C. (2000). **Noções de Hidroquímica. In: Hidrogeologia – Conceitos e Aplicações.**

SEMADS – **Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Ambiente das Águas do Estado do Rio de Janeiro.** (2001). Projeto PLANÁGUA –SEMADS/GTZ / Coordenador William Weber. Rio de Janeiro.

SIQUEIRA, W, ANJOS, G. C., SOUZA, E. L. **Avaliação preliminar dos riscos potenciais de contaminação das águas subterrâneas por postos de combustíveis no município de Belém – PA.** (2002). *In: XII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas.* Florianópolis – SC.

SCHOELLER, H. **Les eaux souterraines.** França: Ed. Masson & Cie. 1962. 642p.

_____ **Hydrogéologie.** Inst. Français du pétrole. França: 1955, vol. 2, 251p.

TEIXEIRA, F.H. **Estudo comparativo para metais em ambientes aquático (Bacia Hidrográfica do Rio Guandu – RJ).** (1998). 123p. Dissertação (Mestrado em Ciências). Programa de Pós-graduação de Engenharia Sanitária e Saúde Ambiental. FIOCRUZ/ENSP. Rio de Janeiro.

TEIXEIRA, W. et al. **Decifrando a Terra.** (2000). São Paulo: Oficina de Textos.

TCE – **Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. Estudo Socioeconômico 2009: Quissamã.** (2010). Secretaria Geral de Planejamento.

TOOD, D. K. (1967). **Hidrologia águas subterrâneas.** Rio de Janeiro: Editora Edgard Blücher Ltda.

UNESCO. A. **Groundwater Resources Sustainability Indicators IHP.** (2007). VI Series on Groundwater N° 14 Published in 2007 by the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization 7, Place de Fontenoy, 75352 Paris 07 SP (France) Composed by Marina Rubio, 93200 Saint-Denis.

USEPA. **U.S. Environmental Protection Agency.** (1975). Disponível em <www.epa.gov/history/index.htm> Acesso em 10 junho 2010.

VICENTE, P.P.B.V. **Desafio da gestão integrada de recursos hídricos.** (2003). Revista Brasileira de recursos hídricos. Vol 8. n° 2. Abril/Junho 2003.

RESUMO

O município de Quissamã localiza-se na Microrregião de Macaé/RJ; emancipado em 1989, tinha como principais atividades econômicas criação de bovinos e cultura da cana de açúcar. O desenvolvimento ocorreu de forma acelerada e desordenada, gerando maior demanda de água e ocasionando problemas, pois a principal fonte de abastecimento, a Lagoa Feia, vem diminuindo a sua lâmina d'água. Objetiva-se avaliar as águas superficiais, subterrâneas e pluviais do município para propor alternativa de abastecimento, com gestão integrada dos recursos hídricos, de forma sustentável. Foi criada base de dados georreferenciados para elaboração de mapas; monitoramento temporal da Lagoa Feia; análises hidrogeoquímicas em 10 pontos, bacteriológicas em 15 pontos, hidrogeológica e avaliação do índice pluviométrico para reuso. Os resultados do monitoramento da Lagoa Feia mostraram

que a superfície atual é de 173 Km² enquanto que, no passado, era de 275 Km², resultando em uma perda de 37%. A profundidade média era de 3,0m, e hoje 1,8m. As águas subterrâneas indicaram presença de elementos fora do padrão: Al, Fe, NO₂, Pb, Hg, Se, Na e apenas dois poços adequados ao consumo humano, em natura, no que diz respeito as análises bacteriológicas. Na análise pluviométrica a média mínima foi de 32,8mm no mês de agosto variando até uma média máxima de 216,8mm no mês de janeiro, em sete anos. Conclui-se que Lagoa Feia será severamente comprometida se a exploração continuar. A água subterrânea não deve ser consumida, sem prévio tratamento, mas existe em grandes volumes e quando captadas de forma adequada apresentam baixos custos de tratamento. Apesar dos índices pluviométricos serem baixos a alternativa de reuso precisa ser considerada, pois a solução para o Município de Quissamã é o abastecimento com gestão integrada dos recursos hídricos; para garantir as gerações futuras. O uso descontrolado pode gerar um grave problema municipal.

Palavras-chave: Águas Subterrâneas; Análises Hidrogeológicas, Hidrogeoquímicas e Bacteriológicas; Águas Superficiais; Dados Pluviométricos; Geoprocessamento.

ABSTRACT

The municipality is located in Quissamã Microregion Macae / RJ, emancipated in 1989, had as its main economic activities of cattle and cultivation of sugar cane. The development occurred rapidly and disorderly, creating greater demand for water and causing problems, because the main source of supply, the Ugly Lagoon, has decreased its water depth. The objective was to evaluate the surface water, groundwater and rainwater in the city to propose alternative supply with integrated management of water resources in a sustainable manner. Database was created to elaborate georeferenced maps, temporal monitoring of the Lagoon Ugly; hydrogeochemicals analysis by 10 points, 15 points in bacteriologicals, and hydrogeological assessment of rainfall for reuse. The monitoring results showed that the lagoon Ugly current surface is 173 km² while in the past was 275 km², resulting in a loss of 37%. The average depth was 3.0 m and 1.8 m. today Groundwater indicated

the presence of non-standard elements: Al, Fe, NO₂, Pb, Hg, Se, In and only two wells suitable for human consumption, in nature, with regard to the bacteriologicals analysis. In the analysis the average minimum rainfall was 32.8 mm in August ranging up to a maximum average of 216.8 mm in the month of January in seven years. It is concluded that Ugly Lagoon will be severely compromised if the exploitation continues. Groundwater should not be consumed without prior treatment, but is available in large volumes and when taken properly have low treatment costs. Despite the low rainfall the alternative reuse must be considered as the solution to the City of Quissamã is the supply with integrated management of water resources to ensure future generations. The uncontrolled use can lead to a serious local problem.

Keywords: Groundwater; Analysis Hydrogeological, Hydrogeochemical and Bacteriological; Surface Water; Pluviometric Data, GIS.