



CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE GUAÍBA (RS).

Porto Alegre, 2015

MAURÍCIO DA SILVA ERICKSSON

CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE GUAÍBA (RS).

Trabalho de Conclusão do Curso de Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Apresentado na forma de monografia, junto à disciplina Projeto Temático em Geologia III, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Orientadores: Prof. Dr. Pedro Antônio Roehe Reginato
Prof. Msc. Marcos Imério Leão

Porto Alegre, 2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Rui Vicente Oppermann

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

Diretor: André Sampaio Mexias

Vice-Diretor: Nelson Luiz Sambaqui Gruber

Ericksson, Maurício da Silva

Caracterização hidrogeológica do município de Guaíba (RS). . /
Maurício da Silva Ericksson. - Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2015.
[74 f.] il.

Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso).- Universidade
Federal do Rio Grande do Sul. Graduação em Geologia. Instituto de
Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2015.

Orientador(es):Pedro Roehe Reginato
Coorientador(es):Marcos Imério Leão

1. Guaíba 2. Hidrogeologia 3. Hidroquímica 4. Aquífero I. Título.

CDU 55

Catálogo na Publicação

Biblioteca Instituto de Geociências - UFRGS

Renata Cristina Grun

CRB 10/1113

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova o Trabalho de Conclusão de Curso **CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA DO MUNICÍPIO DE GUAÍBA (RS)**, elaborado por **MAURÍCIO DA SILVA ERICKSSON**, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geologia.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Luiz Antônio Bressani

Msc. Geólogo Marcos Alexandre de Freitas

Prof. Dr. Nelson Amoretti Lisboa

RESUMO

Na região de Guaíba (RS) há ocorrência de aquíferos fraturados associados as rochas do escudo Sul Rio Grandense (Sistema Aquífero Embasamento Cristalino) e também aquíferos granulares relacionados aos sedimentos da planície costeira Interna do RS (Sistema Aquífero Quaternário Costeiro). Neste trabalho, foram avaliadas as características geológicas, hidrogeológicas e hidroquímicas desses dois sistemas. Foi constatado que na área de estudo, o Sistema Aquífero Embasamento Cristalino apresenta como litologias, granitóides cobertos por um manto de alteração que se mostram com baixa capacidade de armazenamento de água. Os valores de vazões identificados para esse sistema são baixos (máximos inferiores a 10 m³/h), assim como os valores de vazão específica (entre 0,004 e 0,421 m³/h/m). O Sistema Aquífero Quaternário Costeiro é caracterizado por sedimentos finos (argilas e siltes), porém, em alguns locais ocorrem camadas arenosas, onde foram identificados poços de boa produtividade, com vazões identificadas que chegam a 51 m³/h. A avaliação dos dados hidroquímicos mostrou que nos dois sistemas aquíferos ocorrem tanto águas bicarbonatadas sódicas e bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas. A avaliação das águas, com o uso de diagramas de Piper, Stiff e Schoeller, mostra que as águas apresentam diferentes graus de mineralização, indicando que podem ser oriundas tanto de aquíferos livres quanto de aquíferos confinados. Também foi feita uma avaliação da qualidade das águas de alguns poços com relação a Ferro, Manganês, Fluoreto e Nitratos, onde foi constatado que há águas, associadas ao Sistema Aquífero Quaternário Costeiro e ao Sistema Aquífero Embasamento Cristalino, que não se enquadram nos padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde.

Palavras-chave: Guaíba. Hidrogeologia. Hidroquímica. Aquífero.

ABSTRACT

In the region of Guaíba (RS) occur fractured aquifers related to rocks from Rio Grande Shield (Crystalline Basement Aquifer System) and also granular aquifers related to the sediments of the coastal plain Internal RS (Quaternary Coastal Aquifer System). During this work were evaluated geological, hydrogeological and hydrochemical characteristics of these two systems. It was found that in the study area, the Aquifer Crystalline Basement System presents granitoids lithology covered by an alteration mantle that show low water storage capacity. The flow values identified from Aquifer Crystalline Basement System are low (less than $10 \text{ m}^3 / \text{h}$), as well are the specific flow rate (between 0.004 and $0.421 \text{ m}^3/\text{h/m}$). The coastal Quaternary Aquifer System features predominantly fine sediments (clays and silts), but in some places occur sandy layers, which were identified good productivity wells, identified with flow rates that reach $51 \text{ m}^3 / \text{h}$. The evaluation of hydrochemical data showed that the two aquifers have sodium bicarbonate and calcium or magnesium bicarbonate waters. The evaluation of the water, with the use of digrams Piper, Stiff Schoeller and shows that the waters have different degrees of mineralization, indicating that can be derived from unconfined or confined aquifers. It was also made an evaluation of water quality from some wells relative to levels of Iron, Manganese, Fluoride and Nitrates. The results showed that there is waters associated with the Coastal Quaternary Aquifer System and the Crystalline Basement Aquifer System, which does not meet the standards potability established by the Ministry of Health.

Keywords: Guaíba. Hidrogeology. Hydrochemistry. Aquifer.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Mapa da localização da área de estudo.....	3
Figura 2 – Geologia do município de Guaíba (modificado CPRM,2005).....	3
Figura 3 – Mapa geológico do Batólito de Pelotas com a localização de Guaíba Philipp e Machada (2001).....	5
Figura 4 – Mapa simplificado da planície costeira do RS (modificado Villwock & Tomazell, 2007).	6
Figura 5 – Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul na região de Guaíba (modificado Machado e Freitas 2005).	9
Figura 6 – Fluxograma das atividades desenvolvidas no estudo.	11
Figura 7 – Página de pesquisa do SIAGAS.	12
Figura 8 – Perfil construtivo de poço da cidade de Guaíba obtido no SIAGAS.	12
Figura 9 – Coleta de água para análise em campo.	13
Figura 10 – Análise de pH, TDS e Condutividade com sonda Multiparâmetro.	13
Figura 11 – Fotos aéreas de escala 1:110000 da área de Guaíba.	15
Figura 12 – Anaglifos obtidos a partir de fotos de escala 1:110000, compreendendo a área do embasamento da região de Guaíba.	16
Figura 13 – Análise química de um poço fornecida pela CORSAN.....	17
Figura 14 – Análise química fornecida pela empresa de perfuração de poços Hidrogeo.....	18
Figura 15 – Sonda multiparâmetro EUTECH, modelo PCTestr 35.....	18
Figura 16 – Software Qualigaf (Mobus 2002).....	19
Figura 17 – Mapa geológico de Guaíba com os afloramentos visitados durante o levantamento geológico de campo.	20
Figura 18 – Pedreira abandonada visitada durante o levantamento geológico de campo.	21
Figura 19 – Afloramento do tipo lajeado.....	22
Figura 20 – Granitoide de textura fanerítica média.	23
Figura 21 – Granitoide de textura fanerítica grossa.	23
Figura 22 – Setas indicando dique de composição ácida identificado em fotografia aérea.	24
Figura 23 – Amostra do dique de composição ácida.....	24
Figura 24 – Solo do manto de alteração do embasamento cristalino com predomínio de material siltico-argiloso.....	25
Figura 25 – Solo do manto de alteração do embasamento cristalino de granulometria grosseira.	25
Figura 26 – Solo de cor alaranjada com veios esbranquiçados.	26
Figura 27 – Nódulos argilosos de cor cinzenta em solo de cor avermelhada.	26
Figura 28 – Fratura preenchida por quartzo.	27
Figura 29 – Fratura fechada.	27
Figura 30 – Afloramento mostrando linhas de fraturas espaçadas.	28
Figura 31 – Aglomerados de fraturas	28
Figura 32 – Diagrama de roseta com direção das fraturas medidas em campo.	29
Figura 33 – Lineamentos traçados sobre fotos aérea.	30
Figura 34 – Diagrama de roseta com direção lineamentos traçados sobre imagem aérea.....	30
Figura 35 – Frequência dos comprimento dos Lineamentos.....	31
Figura 36 – Perfil de solo avaliado em campo.....	32
Figura 37 Fotografia retirada de uma região elevada do embasamento cristalino em direção a zona mais baixa, onde ocorrem os leques Aluviais.....	33
Figura 38 – Relevo extremamente plano, característico do Sistema Lagunar I em Guaíba.....	34
Figura 39 – Distribuição dos poços levantados sobre mapa hidrogeológico do município (modificado CPRM, 2005).....	35
Figura 40 – Perfil A-B, mostrando a relação entre as diferentes litologias da região e três possibilidades de locações de poços.	36
Figura 41 – Proporções entre os tipos de poços identificados.	37
Figura 42 – Poço ponteira com sistema de bombeamento com compressor.	37
Figura 43 – Poço ponteira com bomba centrífuga.....	38
Figura 44 – Poço tubular profundo.	38
Figura 45 – Poço tubular profundo.	39
Figura 46 – Poço tipo Cacimba.	39
Figura 47 – Poço tipo Cacimba.	39
Figura 48 – Perfis Geológicos de três poços mostrando camadas predominantemente argilosas com níveis areno-argilosos a arenosos (SIAGAS, 2015).	41
Figura 49 – Gráfico espessura da camada sedimentar do SAQC.....	41

Figura 50 – Profundidade dos poços ponteira do SAQC.....	42
Figura 51 – Poços HG50 e HG52, com camadas arenosas a partir de 32m (SIAGAS, 2015).	43
Figura 52 – Perfis geológicos e construtivos de poços do SAEC, mostrando a existência de um espesso manto de alteração (SIAGAS, 2015).....	44
Figura 53 – Gráficos demonstrando vazões do aquífero fraturado e do aquífero misto.....	46
Figura 54 – Gráficos demonstrando níveis estáticos do aquífero fraturado e do aquífero misto.....	46
Figura 55 – Gráficos demonstrando níveis dinâmicos do aquífero fraturado e do aquífero misto.....	47
Figura 56 – Gráficos demonstrando vazões específicas do aquífero fraturado e do aquífero misto.	47
Figura 57 – Porção Oeste do Município de Guaíba, com poços do SAEC sobrepostos aos lineamentos traçados sobre fotografia aérea.	49
Figura 58 – Gráficos de pH, Condutividade e TDS do SAQC.	52
Figura 59 – diagrama de Piper do SAQC.....	53
Figura 60 – Diagrama de Schoeller do SAQC.....	54
Figura 61 – Diagramas de Stiff do SAQC.....	55
Figura 62 – Gráficos de pH, Condutividade e TDS do SAEC (manto de alteração).....	57
Figura 63 – Gráficos de pH, Condutividade e TDS do SAEC (aquífero fraturado).....	59
Figura 64 – Diagrama de Piper do SAEC.....	61
Figura 65 – diagrama de Schoeller do SAEC.....	62
Figura 66 – Diagramas de Stiff do SAEC.	63
Figura 67 – Gráfico com concentrações de Ferro.	64
Figura 68 – Gráfico com concentrações de Manganês.....	65
Figura 69 – Gráfico com concentrações de Fluoretos.....	66
Figura 70 – Gráfico com concentrações de Nitratos.	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais Usos da água.....	40
Quadro 2 – Dados de poços que captam água exclusivamente do SAQC	42
Quadro 3 – Dados hidrodinâmicos do SAEC.	45
Quadro 4 – Dados de Transmissividade do SAEC.....	48
Quadro 5 – Dados de pH, condutividade e TDS do SAQC.	51
Quadro 6 – Dados utilizados para elaboração dos diagramas do SAQC.	53
Quadro 7 – Dados de pH, condutividade e TDS do SAEC (Manto de alteração).....	56
Quadro 8 – Dados de pH, condutividade e TDS do SAEC (Aquífero Fraturado).	58
Quadro 9 – Dados utilizados para elaboração dos diagramas (SAEC).	60
Quadro 10 – Concentrações de Ferro, Fluoretos Manganês e Nitratos.	64

LISTA DE SIGLAS

SAEC - Sistema Aquífero Embasamento Cristalino

SAQC - Sistema Aquífero Quaternário Costeiro

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	1
1.2. HIPÓTESES	1
1.3. OBJETIVOS E METAS	2
2. ESTADO DA ARTE	2
2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	2
2.2. GEOLOGIA DA REGIÃO	3
2.2.1. BATÓLITO DE PELOTAS	4
2.2.2. PLANÍCIE COSTEIRA	5
2.2.2.1. SISTEMA DEPOSICIONAL DE LEQUES ALUVIAIS	7
2.2.2.2. DEPÓSITOS LAGUNARES	8
2.3. CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO	9
2.3.1. EMBASAMENTO CRISTALINO II	10
2.3.2. EMBASAMENTO CRISTALINO III	10
2.3.3. QUATERNÁRIO COSTEIRO II	10
3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO	11
3.1. LEVANTAMENTO DE DADOS EXISTENTES	11
3.2. INVENTÁRIO E CADASTRAMENTO DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO	11
3.3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E ESTRUTURAL	14
3.3.1. CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	14
3.3.2. LEVANTAMENTO GEOLÓGICO DE CAMPO	17
3.4. CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA	17
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	20
4.1. GEOLOGIA DO MUNICÍPIO DE GUAÍBA	20
4.1.1. EMBASAMENTO CRISTALINO	21
4.1.1.1. CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL	26
4.1.2. PLANÍCIE COSTEIRA	32
4.2. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA	34
4.2.1. FORMAS DE CAPTAÇÃO	36
4.2.2. USO DA ÁGUA	39
4.2.3. HIDROGEOLOGIA DO SISTEMA AQUÍFERO QUATERNÁRIO COSTEIRO	40
4.2.4. HIDROGEOLOGIA DO SISTEMA AQUÍFERO EMBASAMENTO CRISTALINO	43
4.3. CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA	50
4.3.1. HIDROQUÍMICA DO SISTEMA AQUÍFERO QUATERNÁRIO COSTEIRO	50
4.3.1.1. pH, CONDUTIVIDADE E TDS	50
4.3.1.2. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS	53
4.3.2. HIDROQUÍMICA DO SISTEMA AQUÍFERO EMBASAMENTO CRISTALINO	56
4.3.2.1. pH, CONDUTIVIDADE E TDS	56
4.3.2.2. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS	60
4.3.3. QUALIDADE DA ÁGUA	63
5. CONCLUSÕES	67
6. REFERÊNCIAS	70

7. APÉNDICES.....	71
8. ANEXOS	74

1. INTRODUÇÃO

1.1. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O município de Guaíba carece de informações sobre águas subterrâneas. Até momento nunca foram efetuado estudos de caracterização detalhada dos aquíferos do município. A quantidade escassa de informações a respeito das águas subterrâneas gera uma incógnita quanto à qualidade das águas subterrâneas seu potencial de aproveitamento. A falta de informações também pode levar a problemas relacionados à quantidade (superexploração e diminuição da quantidade disponível dos recursos) e a qualidade (contaminação dos recursos).

Neste caso, um estudo hidrogeológico detalhado é extremamente importante para a elaboração de projetos de captação e para a realização de estudos diversos que podem estar voltados para a captação, avaliação da qualidade ou investigação de contaminações.

1.2. HIPÓTESES

As hipóteses que sustentam a realização desse estudo estão relacionadas a questões sobre os recursos hídricos subterrâneos existentes no município de Guaíba que necessitam serem respondidas para que a captação e uso desses recursos sejam realizados de forma mais correta.

Essas questões são:

- Como é feita a captação da água subterrânea e o uso desses recursos no município de Guaíba?
- Quais as características hidrogeológicas dos aquíferos existentes no município de Guaíba?
- Quais os tipos hidroquímicos de água subterrânea e qual a qualidade desses recursos?

Com o desenvolvimento desse trabalho foi possível promover a caracterização hidrogeológica dos diferentes aquíferos existentes na área de abrangência do município de Guaíba. Essa caracterização permitiu, identificar a

ocorrência de diferentes tipos de aquíferos, quais suas características hidrogeológicas (parâmetros hidrodinâmicos), hidroquímicas (tipos de águas e qualidade) e como está sendo feita a captação e uso dessas águas. Essas informações são de grande importância, pois permitem conhecer melhor a hidrogeologia da região e, com isso, promover melhor a gestão desses recursos.

1.3. OBJETIVOS E METAS

Este trabalho tem por objetivo geral promover a caracterização hidrogeológica dos aquíferos existentes na região abrangida pelo município de Guaíba.

Os objetivos específicos do estudo são:

- avaliar as condições atuais de exploração e usos da água subterrânea.
- determinar características hidrogeológicas (tipo de aquífero, espessura saturada, parâmetros hidrodinâmicos, vazões de exploração) dos diferentes aquíferos existentes no município de Guaíba;
- promover a caracterização estrutural e hidrogeológica dos aquíferos fraturados associados às rochas do embasamento que existem no município de Guaíba;
- avaliar e determinar as características hidroquímicas das águas subterrâneas que ocorrem associadas aos diferentes aquíferos do município de Guaíba;

2. ESTADO DA ARTE

2.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Guaíba é um município localizado na região Leste do Estado do Rio Grande do Sul (fig. 1). É limitado pelos paralelos 30°03' e 30°16' S e pelos meridianos 51°18' e 51°34' W, fazendo divisa com os municípios de Barra do Ribeiro, Eldorado do Sul e Mariana Pimentel.

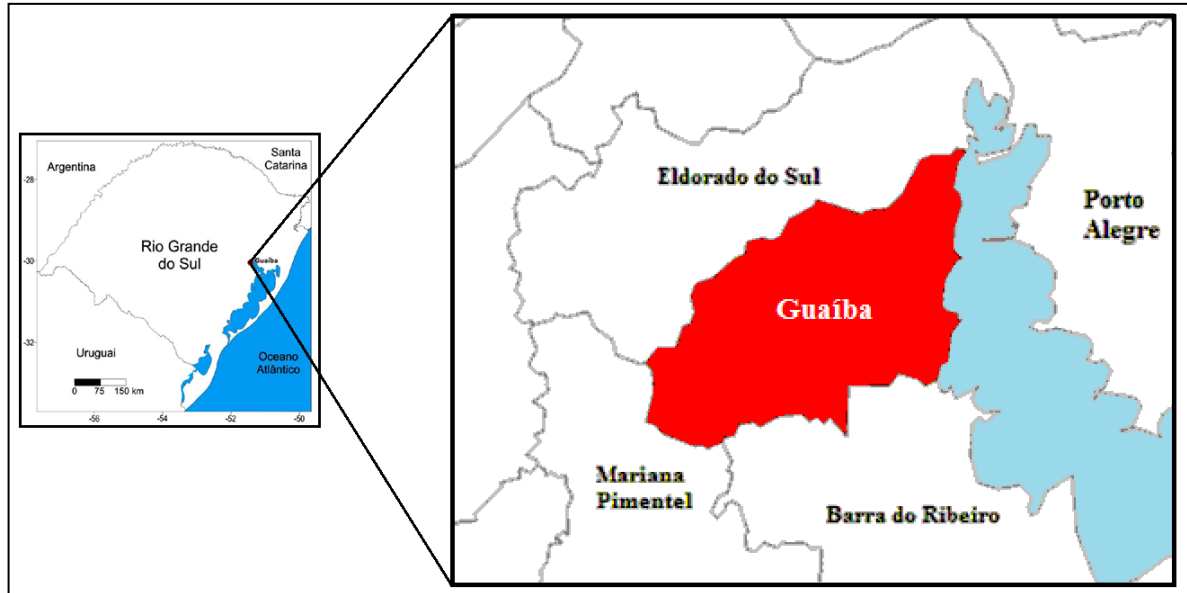


Figura 1 – Mapa da localização da área de estudo.

2.2. GEOLOGIA DA REGIÃO

Na região de Guaíba ocorrem Granitóides pertencentes a porção Leste do Escudo Sul-Rio-Grandense, porção nordeste do Batólito de Pelotas. Também ocorrem Sedimentos Inconsolidados de idade Quaternária pertencentes a Planície costeira do RS. O mapa da figura 2 mostra a geologia do município.

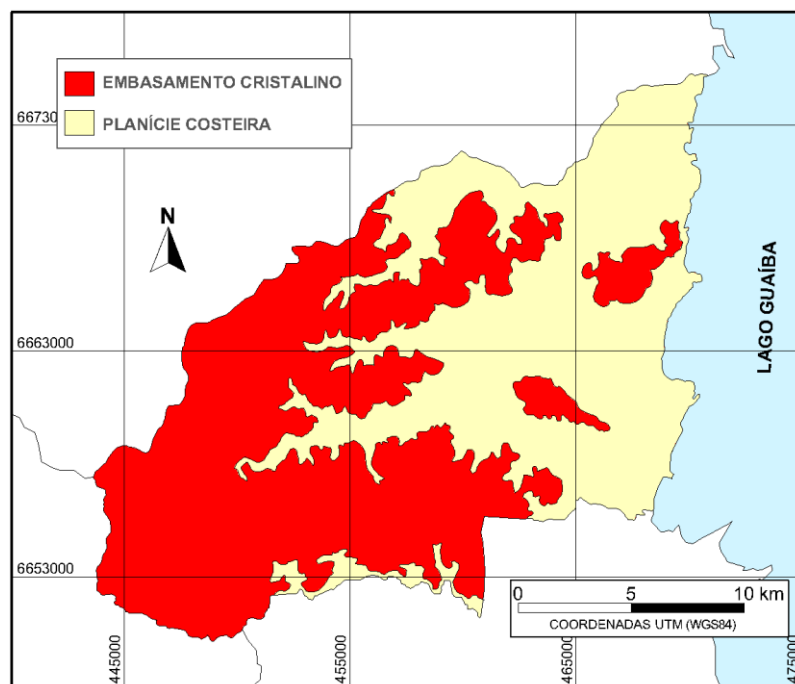


Figura 2 – Geologia do município de Guaíba (modificado de CPRM, 2005)

2.2.1. BATÓLITO DE PELOTAS

O Batólito Pelotas foi definido originalmente como um complexo plutônico, multi-intrusivo e polifásico com evolução relacionada à adição de distintos processos tectônicos (Fragoso Cesar et al. 1986).

Segundo Philipp (1998) são reconhecíveis seis suítes graníticas: Suíte Pinheiro Machado (SPM), Erval (SE), Viamão (SV), Encruzilhada do Sul (SES), Cordilheira (SC) e Dom Feliciano (SDF). Na área de estudo ocorrem as rochas da Suíte Dom Feliciano (fig. 3).

A SGDF caracteriza-se por uma grande homogeneidade composicional, estrutural e petrográfica, e presença restrita de enclaves, microgranulares e submicáceos. Sua principal ocorrência é um corpo lenticular orientado na direção N50°E, com cerca de 180 km de extensão e 15 a 45 km de largura (Philipp, 1998).

Os granitos da suíte são rosados a castanho claro e esbranquiçados, com predomínio de composição sienogranítica. Os minerais essenciais são microclínio subédrico e quartzo amebóide, com biotita intersticial subeuédrica, entre 1 e 4%. Os acessórios são allanita, zircão, titanita, apatita e minerais opacos, ocorrendo ainda fluorita, molibdenita (Porto Alegre) e galena (Amaral Ferrador). Em São Jerônimo, na região de Morrinhos, ocorrem greisens e biotititos mineralizados com cassiterita. Na porção norte de Dom Feliciano, as rochas desta suíte mostram contatos lobados com o Diorito Capim Branco, sugerindo assim relações de contemporaneidade com o mesmo. A semelhança composicional e geoquímica da porção mais diferenciada desta suíte com os diques riolíticos e rochas tufáceas e piroclásticas de composição similar (Ana Dias e Asperezas), encontrados em várias regiões do batólito (Pedras Altas, Coxilha do Fogo, em Canguçu, Mariana Pimentel, Barão do Triunfo, Barra do Ribeiro e Porto Alegre), é sugestiva de uma vinculação genética entre os dois magmatismos (Philipp 1998).

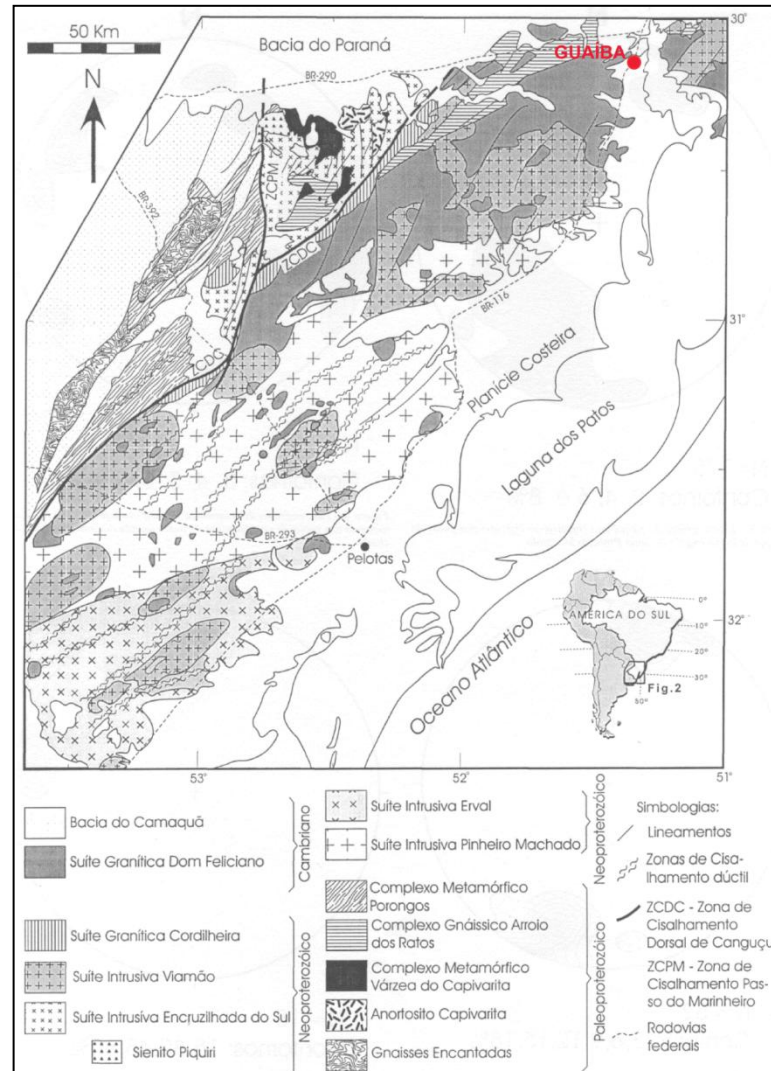


Figura 3 – Mapa geológico do Batólito de Pelotas com a Localização de Guaíba.
(Adaptado de Philipp e Machado 2001)

2.2.2. PLANÍCIE COSTEIRA

Os depósitos sedimentares da região constituem uma das unidades pertencentes à planície costeira do Rio Grande do Sul, denominada por Planície aluvial Interna (Tomazelli & Villwock, 2007).

A Planície Aluvial Interna corresponde à faixa de terra que se estende entre as terras altas do Escudo Sul-Rio-Grandense e os grandes corpos de água do Sistema Lagunar Patos-Mirim. É uma superfície de terras baixas, levemente inclinada para o leste, onde coxilhas arredondadas das bordas do escudo cedem lugar a terraços muito dissecados pela drenagem atual. Ocorrem aí depósitos de um sistema de leques aluviais acumulados a partir do Terciário e retrabalhados, nas

suas porções distais, em ambiente marinho e lagunar, no decorrer do Quaternário (Tomazelli & Villwock, 2007).

Na região do estudo ocorrem os depósitos de sistemas de leques aluviais e depósitos lagunares (Sistema Lagunar Patos-Mirim) relacionados ao fechamento do Sistema Laguna Barreira I. A figura 4 mostra o posicionamento desses sistemas na planície costeira do RS.

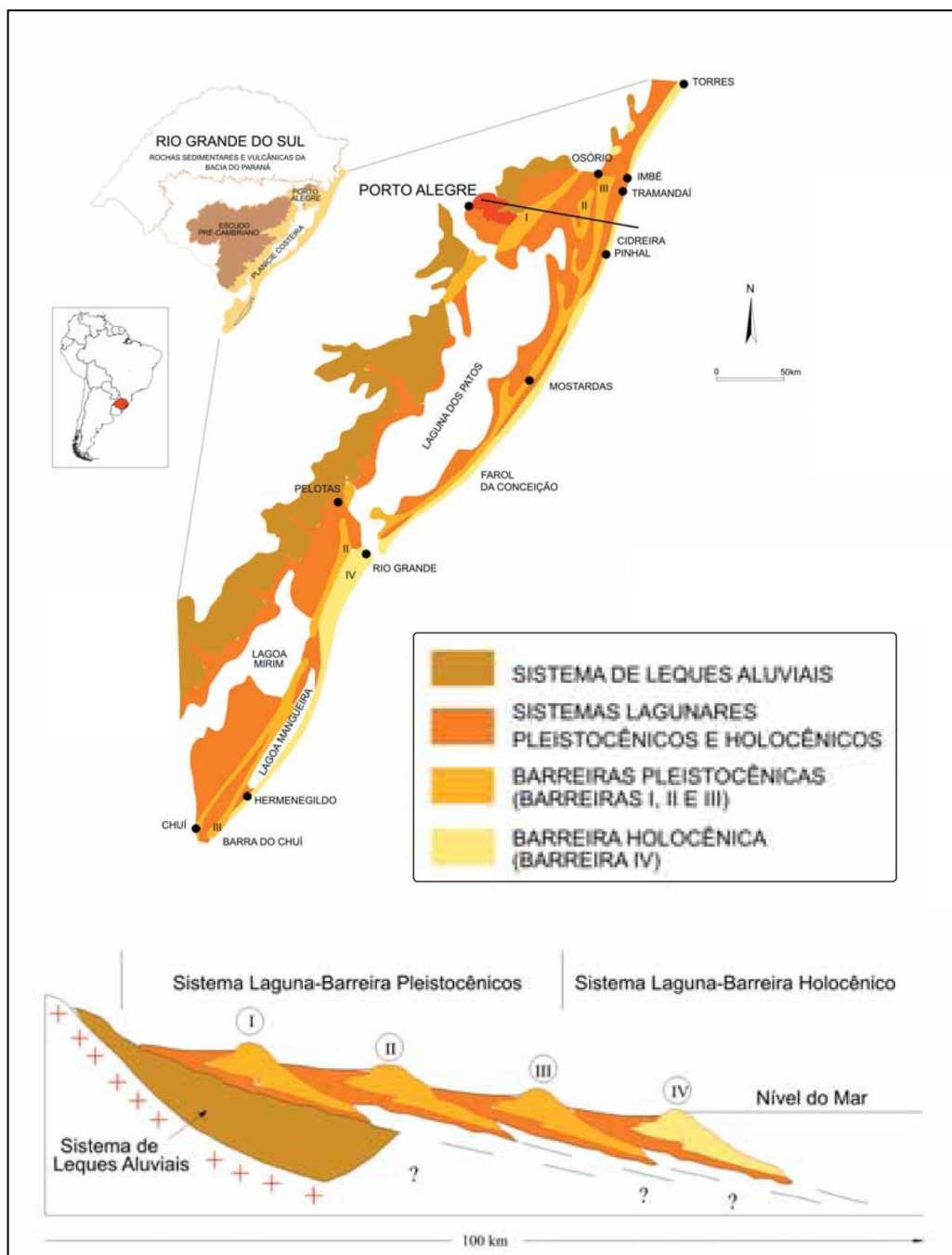


Figura 4 - Mapa simplificado da planície costeira do RS (modificado de Villwock & Tomazelli, 2007).

2.2.2.1. SISTEMA DEPOSICIONAL DE LEQUES ALUVIAIS

O Sistema Depositional de Leques Aluviais engloba o conjunto de fácies sedimentares resultantes de processos de transporte associados aos ambientes de encosta das terras altas. Elas incluem, na sua parte mais proximal, depósitos resultantes de processos predominantemente gravitacionais como a queda livre de blocos, o rastejo e o fluxo de detritos (talus, eluviões e coluviões) e que graduam, na sua porção distal, para depósitos transportados e depositados em meio aquoso (aluviões).

As características composicionais, texturais e estruturais das fácies geradas no Sistema de Leques Aluviais dependem, em grande parte, da natureza da área fonte submetida à erosão incluindo-se aí, principalmente, a composição das rochas e a energia de relevo. Adotando-se este critério de observação, foi possível subdividir o Sistema de Leques Aluviais da área em estudo em três subsistemas: (1) leques alimentados pelo escudo pré-cambriano; (2) leques alimentados pelo planalto e (3) leques alimentados pela Barreira I. Na área de estudo ocorrem leques alimentados pelo escudo pré-cambriano.

Segundo Villwock (1984) os leques alimentados pelo escudo pré-cambriano compreende as fácies que se acumularam ao longo de toda a margem oeste do Sistema Lagunar Patos/Mirim, dentro do domínio geomorfológico da Planície Aluvial Interna de e que tiveram como área fonte as rochas ígneas e metamórficas do Escudo Sul-Rio-Grandense.

Como consequência do predomínio de rochas fontes graníticas e da pouca duração e distância de transporte, as fácies deste subsistema são caracteristicamente imaturas textural e mineralogicamente, exibindo uma composição essencialmente arcoseana. As fácies proximais englobam os produtos de remobilização gravitacional de mantos de alteração das rochas graníticas, envolvendo elúvios e colúvios. Os episódios deposicionais são normalmente bem delimitados pela presença comum de pavimentos pedregosos (“linhas de pedra”) formados principalmente por seixos de quartzo provenientes dos inúmeros veios que cortam as rochas fontes. Estas fácies proximais podem apresentar unidades de diamictitos em que o arcabouço, constituído por grânulos de quartzo e feldspato, se encontra sustentado por uma matriz lamítica maciça, sugerindo uma gênese a partir de processos do tipo fluxo de detritos. Já as fácies médias e distais são geralmente

bem estratificadas e refletem deposição a partir de fluxos torrenciais canalizados e não-canalizado. A presença comum de corpos de arenitos e conglomerados com geometria lenticular apresentando internamente cruzadas de médio porte do tipo planar/tabular e acanalada reflete a migração de formas de leito associadas, provavelmente, a canais fluviais do tipo entrelaçado (*braided*) desenvolvidos nas partes médias e distais dos sistemas de leques (Tomazelli & Villwock, 2007).

2.2.2.2. DEPÓSITOS LAGUNARES

Os depósitos lagunares que ocorrem na área estão relacionados ao sistema lagunar I, relacionado com o desenvolvimento da Barreira I.

O Sistema Lagunar I ocupou as terras baixas situadas entre a Barreira I e os depósitos do sistema de leques aluviais acumulados no sopé das terras altas constituídas pelos terrenos mais antigos formados principalmente pelas rochas sedimentares paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná e pelos terrenos precambrianos da região de Porto Alegre, Viamão, Guaíba e Tapes. A região abrange boa parte das bacias do rio Gravataí e do complexo fluvial do Guaíba (Tomazelli & Villwock, 2007).

A carga sedimentar trazida pelos rios que drenam as terras altas adjacentes se acumulou, dentro do Sistema Lagunar I, em ambientes de sedimentação lagunar, fluvial e paludial. A região ocupada pelo Sistema Lagunar I sofreu a influência dos vários eventos transgressivo-regressivos que se sucederam durante o Quaternário. A cada nova ingressão marinha parte da região era afogada, retrabalhando os depósitos ali existentes. Assim, o pacote sedimentar que se acumulou no espaço geomorfológico do Sistema Lagunar I (Sistema Lagunar Guaíba-Gravataí) reflete estes diferentes eventos envolvendo depósitos aluviais, lagunares, lacustres e paludiais de diversas idades. Em boa parte da região a sucessão vertical de fácies encerra com espessas camadas de turfa, de idade holocênica, como as descritas por Villwock *et al.* (1980).

2.3. CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO

A região de Guaíba possui aquíferos fraturados associados às Rochas do Embasamento Cristalino e granulares, associados aos sedimentos da planície costeira e ao manto de alteração das rochas do Embasamento.

Conforme o mapa Hidrogeológico do RS (Machado & Freitas, 2005), a área está inserida em três sistemas aquíferos: (1) Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II; (2) Sistema Aquífero Embasamento Cristalino III e (3) Sistema Aquífero Quaternário Costeiro II. O mapa da figura 5 mostra a distribuição desses sistemas na região de Guaíba.

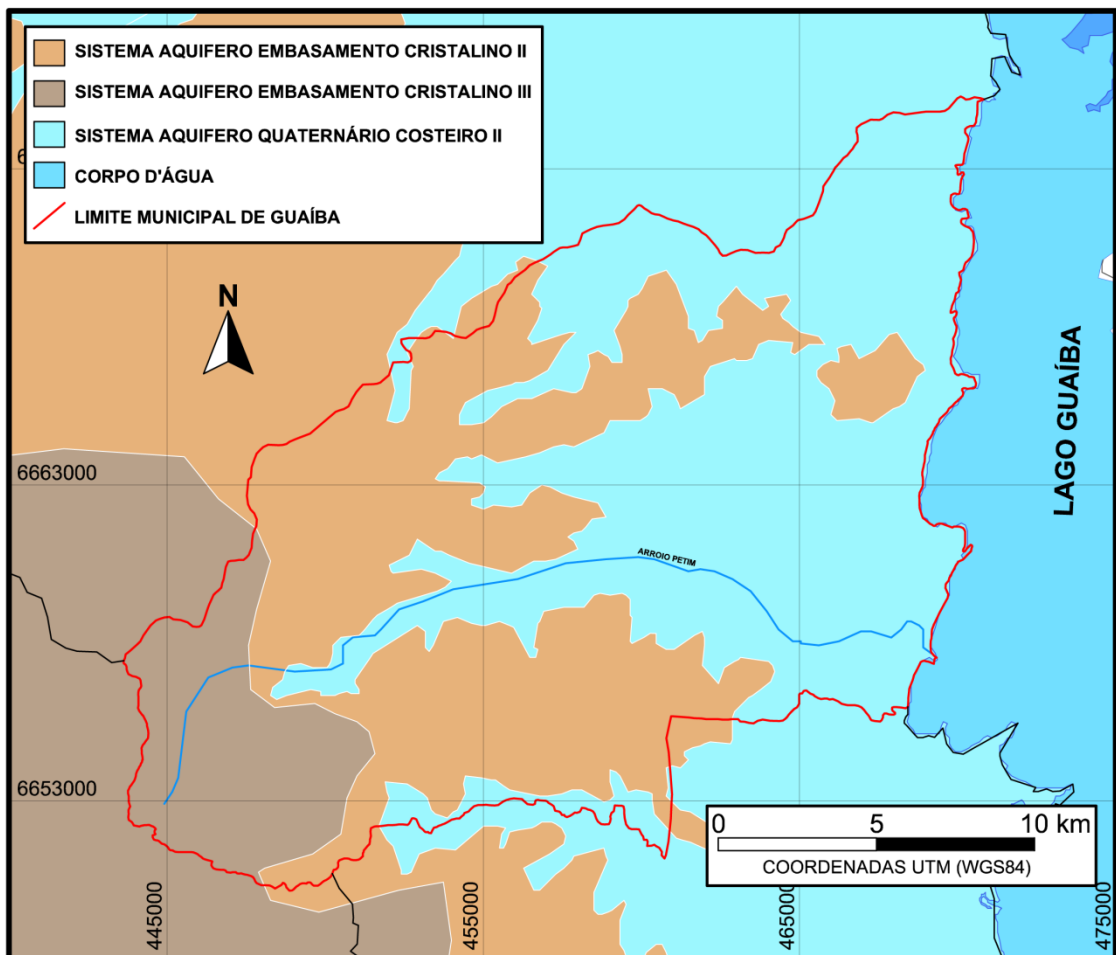


Figura 5 - Mapa Hidrogeológico do Rio Grande do Sul na região de Guaíba (modificado de Machado e Freitas 2005).

2.3.1. EMBASAMENTO CRISTALINO II

Compreende basicamente as áreas correspondentes aos limites do embasamento cristalino, e inclui municípios como Bagé, Caçapava do Sul, Encruzilhada do Sul e pequena porção de Porto Alegre. Compreende todas as rochas graníticas, gnáissicas, andesíticas, xistos, filitos e calcários metamorfizados que estão localmente afetadas por fraturamentos e falhas. Geralmente apresentam capacidades específicas inferiores a 0,5 m³/h/m, ocorrendo também poços secos. As salinidades nas áreas não cobertas por sedimentos de origem marinha, são inferiores a 300 mg/l. Poços nas rochas graníticas podem apresentar enriquecimento em flúor (Machado & Freitas, 2005).

2.3.2. EMBASAMENTO CRISTALINO III

Localiza-se nas porções mais elevadas do escudo cristalino. Compõe-se principalmente de rochas graníticas maciças, gnaisses, riolitos e andesitos, pouco alterados. A ausência de fraturas interconectadas e a condição topográfica desfavorável inviabilizam a perfuração de poços tubulares, mesmo para baixas vazões (Machado & Freitas, 2005).

2.3.3. QUATERNÁRIO COSTEIRO II

Compreende os aquíferos relacionados com os sedimentos da planície costeira, desenvolvendo-se desde Santa Vitória do Palmar até Torres, predominantemente na região lagunar interna e junto aos contrafortes da Serra Geral. Compõe-se de uma sucessão de areias finas inconsolidadas, esbranquiçadas e argila cinza. No topo, os primeiros metros são pelíticos, bastante cimentados. As capacidades específicas variam de baixas a médias, entre 0,5 e 1,5 m³/h/m. Os sólidos totais dissolvidos variam entre 600 e 2000 mg/l (Machado & Freitas, 2005).

3. METODOLOGIA E ESTRATÉGIAS DE AÇÃO

As principais atividades desenvolvidas neste trabalho estão relacionadas no fluxograma da figura 6.

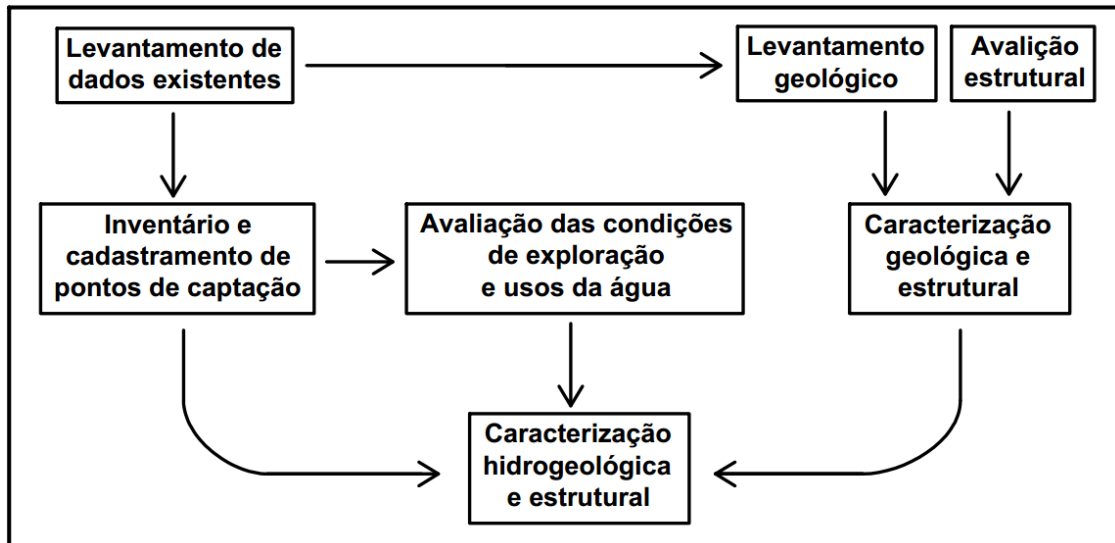


Figura 6 - Fluxograma das atividades desenvolvidas no estudo.

3.1. LEVANTAMENTO DE DADOS EXISTENTES

O levantamento de dados existentes foi realizado através da consulta a banco de dados existentes, publicações, relatórios técnicos de empresas, mapas geológicos e hidrogeológicos da CPRM, entre outros. Os dados obtidos com esse levantamento foram utilizados como base para o desenvolvimento do estudo hidrogeológico proposto para o município.

3.2. INVENTÁRIO E CADASTRAMENTO DOS PONTOS DE CAPTAÇÃO

A identificação da captação da água subterrânea no município de Guaíba foi realizada inicialmente através da consulta ao Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) da CPRM (fig. 7 e 8). Também foram buscadas informações sobre poços perfurados na região com a CORSAN e empresas de Perfuração de Poços.

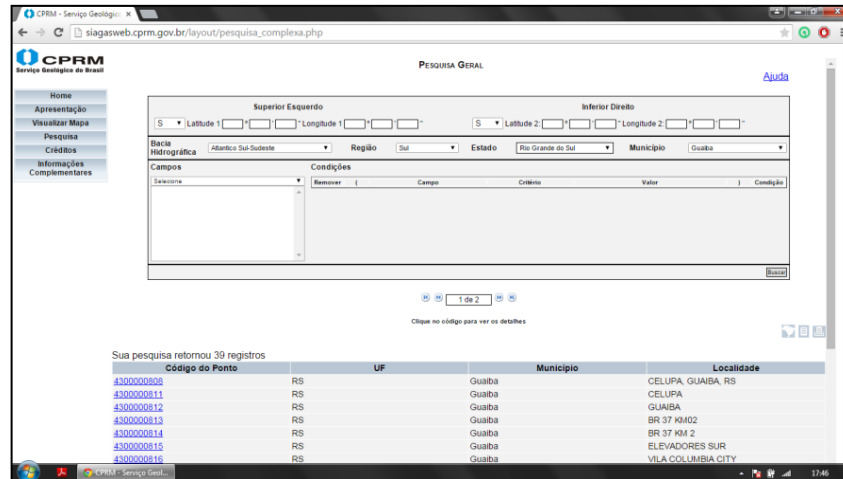


Figura 7 – Página de pesquisa do SIAGAS.

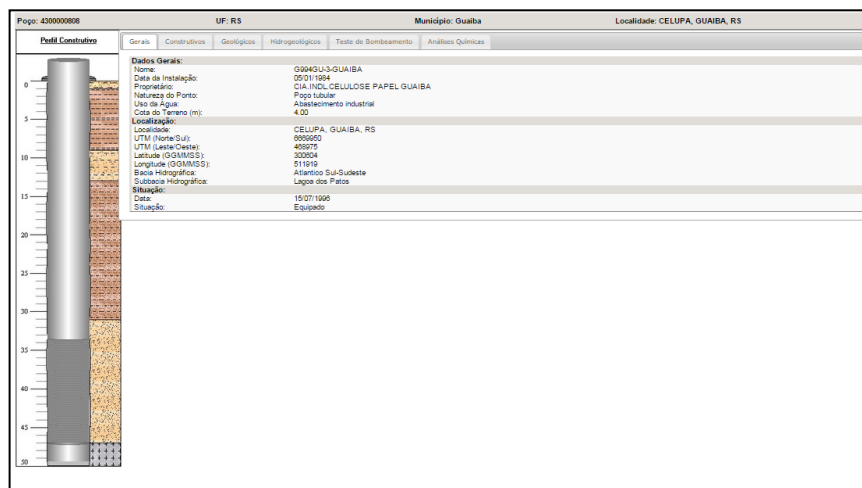


Figura 8 – Perfil construtivo de poço da cidade de Guaíba obtido no SIAGAS.

O inventário de pontos de captação teve como objetivo a identificação da quantidade e da forma de captação da água subterrânea, bem como a obtenção de dados hidrogeológicos. Com esse levantamento foram obtidas informações sobre o tipo de captação, características construtivas (diâmetro, revestimento, profundidade), uso da água, forma de captação, características hidrogeológicas (profundidade do nível de água e vazão), parâmetros físico-químicos da água, entre outros dados.

Visando o cadastro dos pontos de captação e a obtenção de mais informações geológicas e hidrogeológicas foram realizados levantamentos de campo. Nesses levantamentos foram obtidas informações sobre a localização dos poços (obtenção de coordenadas com uso de GPS), sobre o tipo de captação e características construtivas, sobre o uso e qualidade da água. Nesse caso, após a descrição do ponto de captação foram coletadas amostras de água (fig. 9), sendo as mesmas analisadas com o emprego de sonda multiparâmetros portátil. Os

parâmetros analisados no campo foram pH, condutividade, TDS, salinidade e temperatura (fig. 10).



Figura 9 – Coleta de água para análise em campo.



Figura 10 – Análise de pH, TDS e Condutividade com sonda multiparâmetro.

As informações coletadas com essa atividade foram organizadas em planilhas Excel visando com isso facilitar a análise e interpretação dos mesmos na etapa de avaliação hidrogeológica e caracterização hidroquímica, bem como na avaliação das condições de uso e exploração da água subterrânea.

3.3. CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA E ESTRUTURAL

3.3.1. CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

A caracterização estrutural foi realizada com o objetivo de identificar a ocorrência de lineamentos que são as feições principais avaliadas em estudos hidrogeológicos em regiões de ocorrência de aquíferos fraturados. A identificação de lineamentos foi realizada com base na interpretação de fotografias aéreas visando a identificação de feições lineares morfoestruturais. Também foi feito um levantamento das características das fraturas das rochas, e orientações das mesmas obtidas com a utilização de bússola (modelo Silva).

As fotos aéreas utilizadas neste trabalho são de escala 1:110000. Estas imagens foram obtidas no arquivo da biblioteca do Instituto de Geociências da UFRGS. A área de estudo compreende a região de quatro estereopares de fotos (1377-1378, 1378-1379, 1412-1413 e 1414-1415) (fig. 11). Com o auxílio da ferramenta *Epipolar Stereo Pair* do Sistema de Informações Geográficas ILWIS, foram produzidos quatro anaglifos englobando área do embasamento da região (fig. 14)

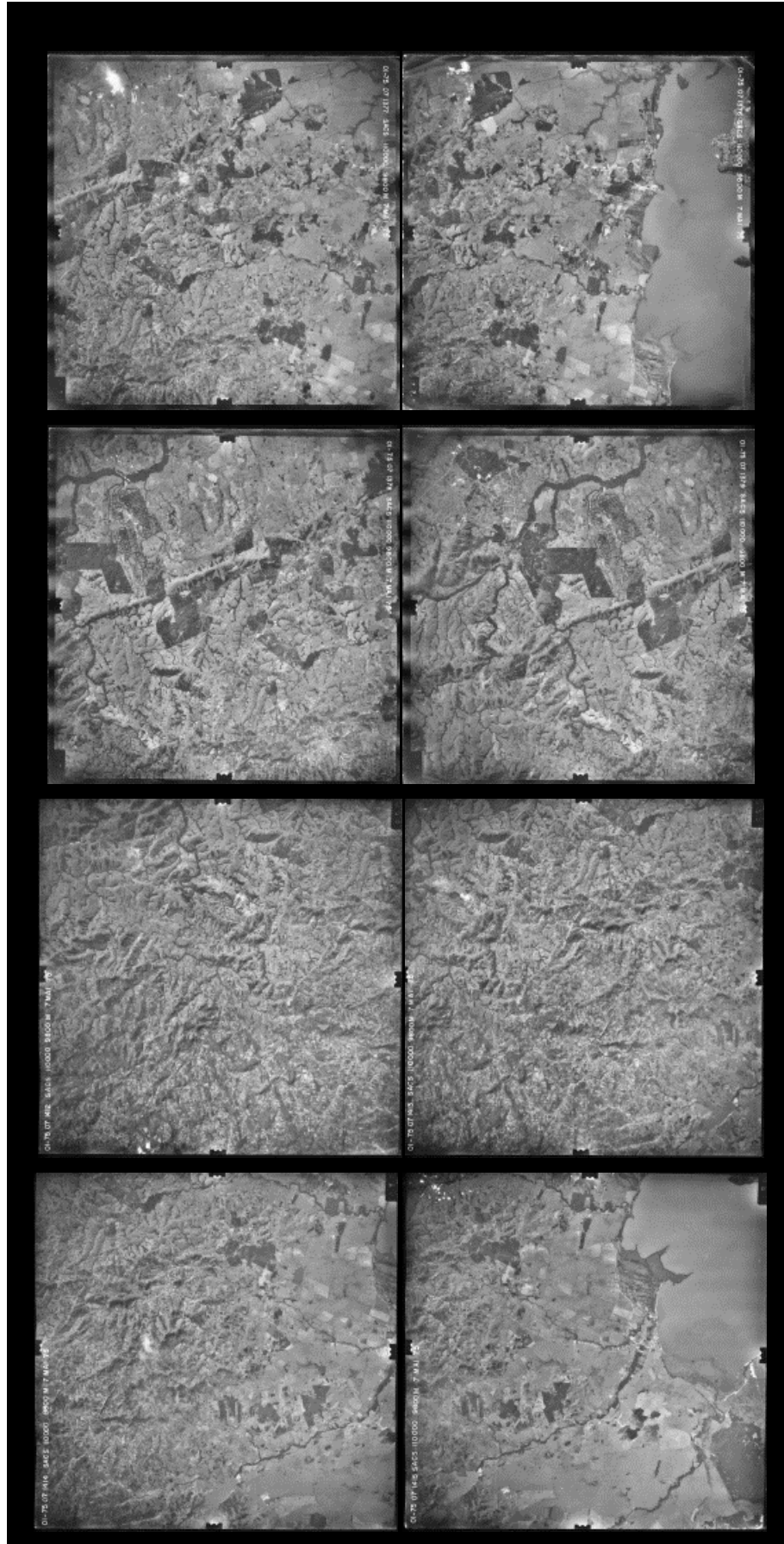


Figura 11 – Fotos aéreas de escala 1:110000 da área de Guaíba

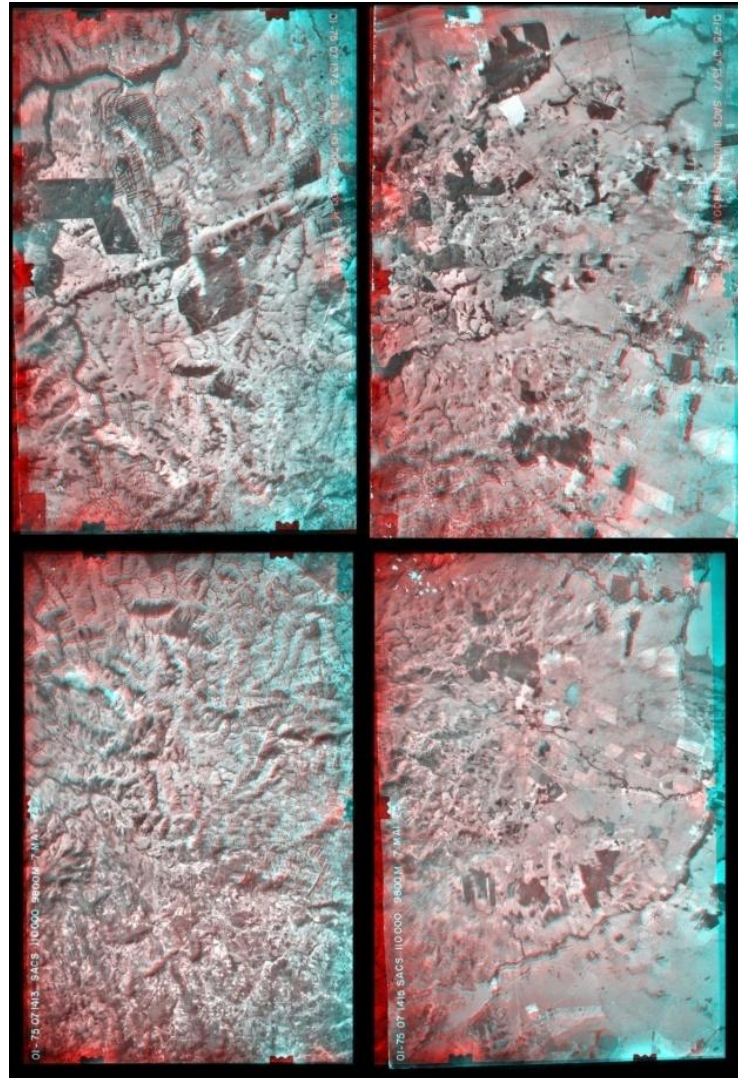


Figura 12 – Anaglífos obtidos a partir de fotos de escala 1:110000, compreendendo a área do embasamento da região de Guaíba

Com auxílio dos anaglífos, foram traçados os lineamentos sobre as fotografias aéreas com a utilização do programa Autocad. Posteriormente foi feita a exportação dos parâmetros das linhas (comprimento e orientação) para uma planilha de Excel. Com o Auxílio do Software Stereo 32, foi gerado um diagrama de roseta contendo todos os lineamentos. Também foi gerado um diagrama de roseta com as orientações das fraturas medidas em campo.

Essas informações foram cruzadas com o banco de poços identificados na etapa de inventário e cadastramento e foram utilizadas na avaliação hidrogeológico dos aquíferos fraturados.

3.3.2. LEVANTAMENTO GEOLÓGICO DE CAMPO

Os levantamentos de campo tiveram como objetivo a descrição de feições geológicas existentes na área de estudo, tais como perfis de solo, tipos de rochas e estruturas tectônicas (fraturas, falhas, juntas, preenchimento).

Esse levantamento permitiu possíveis correlações entre os dados de análises químicas das águas e as características mineralógicas das rochas. Além disso, a análise das estruturas tectônicas possibilitou avaliar a ocorrência de planos e estruturas que permitem a circulação de água.

3.4. CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA

A caracterização hidroquímica foi realizada com base na interpretação de dados obtidos com o levantamento de análises químicas existentes (figs. 13 e 14) obtidas através da CORSAN e da empresa de perfuração de poços Hidrogeo. Esses dados foram organizados em tabelas e utilizados na avaliação de diferentes parâmetros hidroquímicos.

COMPANHIA RIOGRANDENSE DE SANEAMENTO SUPERINTENDÊNCIA DE TRATAMENTO - SUTRA DEPARTAMENTO DE ENSAIOS E APOIO LABORATORIAL - DEAL									
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA									
Procedência: Guaiiba					Nº. de inscrição: 422910				
RESULTADOS DOS ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS EM ÁGUAS									
Parâmetros	Valor	Unidade	LDM	LQM	IM	Data do Ensaio	Método	Portaria 518/04*	
								Mín.	Máx.
Alcalinidade Total	82	mg/L CaCO ₃	1	2	-	09/09/10	2920 B	-	-
Bicarbonatos	112	mg/L HCO ₃ ⁻	1	2	-	09/09/10	2920 B	-	-
Cloratos	15,2	mg/L Cl ₂	0,05	0,20	-	12/09/10	4110 B	-	250
Condutividade	270	µS/cm a 25°C	0,5	1,2	8	11/09/10	2610 B	-	-
Cor	<LQM	mg/L Pt-Co	2	5	-	11/09/10	2130 B	-	15
Cálcio	18	mg/L Ca	0,05	0,22	1	09/09/10	3560 Ca B	-	-
Cinzas	64	mg/L CaCO ₃	0,4	1,0	4	09/09/10	2040 C	-	600
Fluoretos	2,3	mg/L F ₂	0,02	0,07	-	12/09/10	4110 B	-	1,2
Magnésio	8	mg/L Mg	0,04	0,11	1	09/09/10	3820 Mg B	-	-
Nítritos	ND	mg/L N	0,01	0,03	-	12/09/10	4110 B	-	10
Nitros	<LQM	mg/L N	0,002	0,005	0,004	11/09/10	4500 Nitro-B	-	1
Nitrogênio Amoniacal	<LQM	mg/L N	0,04	0,10	0,1	22/09/10	F0104	-	1,2
Nitrogênio Orgânico	ND	mg/L N	0,2	0,4	-	24/09/10	4500 Nitro B	-	-
ODP	Termoz 3	-	-	-	-	09/09/10	F0102	-	-
pH	6,8 a 18 °C	-	-	-	0,1	10/09/10	4500 H+ B	6,0	9,5
Sulfatos	5,2	mg/L SO ₄ ⁻	0,04	1,79	-	12/09/10	4110 B	-	200
Sólidos Dissolvidos Totais	171	mg/L	-	-	-	10/09/10	2640 C	-	1000
Sólidos Totais	184	mg/L	2	4	-	09/09/10	2640 B	-	-
Turbidez	3,2	NTU	0,25	0,62	0,6	10/09/10	2130 B	-	5

Observações
De acordo com a Portaria 518/04 do Ministério da Saúde: Fluoretos acima do permitido.
De acordo com a Portaria 1099 da Secretaria da Saúde: Fluoretos acima do permitido (0,6 - 0,9).

Legenda: NA - Não Analisado LDM - Limite de Detecção do Método ND - Não Detectado LQM - Limite de Quantificação do Método
IM - Inércia de Medição FC - Método Corcoran
*Para efeito de comparação considerar para a Portaria 518/04 as mesmas unidades dos resultados expressos neste relatório.
A lista completa para a Portaria 518/04 se encontra no Anexo A da Portaria 1099 da Secretaria Estadual de Saúde.

Métodos de ensaio e preservação de acordo com o Standard Methods for Examination of Water and Wastewater - 21st Edition of American Water Works Association - APWA. Cálculo realizado conforme POP 006 - Procedimento para Cálculo de Amostra de Água e a frequência é estabelecido pelo cliente. Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra. Os resultados se referem somente a esta amostra. A precisão de medição e capacidade relatada é baseada em uma incerteza padrão combinada, multiplicada por um fator de segurança K, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Porto Alegre, 23 de setembro de 2010.

Elton Espino Dulive
Máx. nº 9188
Coordenador Técnico
DEAL/SUTRA

André Vitor dos Anjos
Máx. nº 8858
Chefe DEAL/SUTRA

SEDE: Rua Caldas Júnior, 120 - 11º Andar - CEP 9001-280 - Edifício Banfêul - Porto Alegre - RS
DEAL: Av. Antônio de Carvalho, 2667 - CEP 91430-001 - Porto Alegre - RS

Figura 13 – Análise química de um poço fornecida pela CORSAN.

Relatório de análise da água		
POÇO Nº: 1439 HIDROGEO		
Cliente: ULRICH RAMER		
Profundidade: 68,00 m		
Laboratório: ABS		
Nº do Laudo: 00191		
Data: 11/12/2001		
Código	Descrição	Resultado
0001	Alcalinidade parcial	Não Detectado
0002	Alcalinidade total	0,000 mg/l CaCO ₃
0003	Alumínio	72,140 mg/l CaCO ₃
0004	Bicarbonatos	0,070 mg/l Al
0005	Calcio	88,670 mg/l HCO ₃
0006	Cloretos	21,880 mg/l Ca
0007	Condutividade	33,430 mg/l Cl
0008	Cor	256,000 uS/cm
0009	Dureza	0,000 uH
0010	Ferro	<1
0011	Fluoretos	63,170 mg/l CaCO ₃
0012	Fosfatos	0,160 mg/l Fe
0013	Magnésio	3,030 mg/l F
0014	Manganês	0,044 mg/l P
0015	Nitratos	2,000 mg/l Mg
0018	pH	0,100 mg/l Mn
0020	Resíduo a 105o C	17,100 mg/l NO ₃
0021	Sílica solúvel	4,430
0022	Sódio	128,000 mg/l
0024	Sulfatos	5,130 mg/l SiO ₂
0025	Turbidez	38,500 mg/l Na
		13,560 mg/l SO ₄
		0,820 NTU
Relatório técnico - Poço Tubular		
POÇO Nº: 1439 HIDROGEO		
Cliente: 002597 ULRICH RAMER		
Endereço: VINTE E QUATRO DE OUTUBRO, 112		Cep: 90.510-000
Cidade: PORTO ALEGRE		Estado: RS
Identificação: POÇO		
Local: PATIO RESIDÊNCIA		
Endereço Poço: AV ALEGRIA 219		Cep: - - -
Cidade: GUARÁ		Estado: RS
Coord. UTM: LAT 469600 E		Cota: 0,00
LON 6665498 N		
Domínio Geológico: ESCUDO		
Dados da Perfuração e Completação		
Profundidade Final: 68,00 m		
Diâmetro útil: 6 pol		Classificação: PARCIALMENTE REVESTIDO
Data início: 24/11/2001		Data término: 25/11/2001
Método Perfuração: ROTO PNEUMÁTICO		Perfuratriz: ROTO II
Perfuração		
Diâmetro	Profundidade	
Pol	mm	de(m) até(m)

Figura 14 – Análise química fornecida pela empresa de perfuração de poços Hidrogeo.

Na etapa de inventário de pontos de captação foram realizadas análises de parâmetros como pH, condutividade, sólidos totais dissolvidos, através do emprego da sonda multiparâmetro EUTECH, modelo PCTestr 35 (fig. 15).



Figura 15 – Sonda multiparâmetro EUTECH, modelo PCTestr 35.

Os dados das análises completas obtidos com a Corsan e a empresa Hidrogeo foram utilizados na caracterização hidroquímica e classificação das águas subterrâneas que foi realizada através da análise de diferentes gráficos gerados com o auxílio do programa (fig. 16) Qualigraf (Mobus, 2002). Com o emprego desse programa foram gerados os gráficos de Piper, Stiff e Scholler.

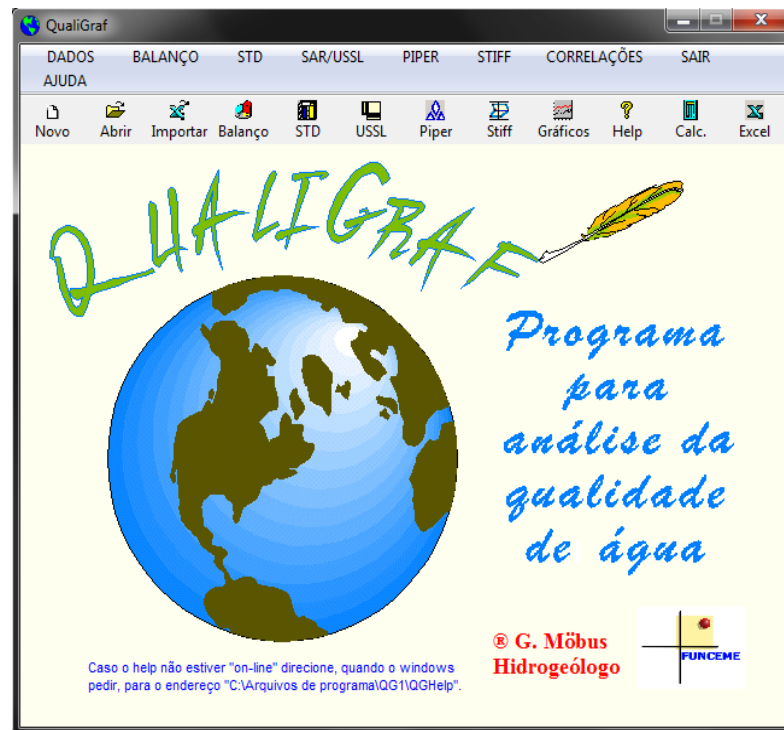


Figura 16 - Software Qualigraf (Mobus 2002).

A partir das análises químicas obtidas durante o levantamento de dados, também foi feita uma avaliação da qualidade da água com relação à parâmetros de Ferro, manganês, Fluoretos e Nitratos. Essa avaliação foi feita com base nos VPMs (valores máximos permitidos) estabelecidos pela portaria nº 2.914/2011 do Ministério da Saúde.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. GEOLOGIA DO MUNICÍPIO DE GUAÍBA

No levantamento geológico de campo foram visitados Afloramentos (Cortes de estradas e pedreiras) onde foram descritas as litologias, estruturas e os perfis de solo. Essas informações permitiram identificar e caracterizar as diferentes unidades geológicas existentes no município. O mapa da figura 17 mostra as duas grandes unidades geológicas da área e os locais visitados durante a campanha de levantamento geológico.

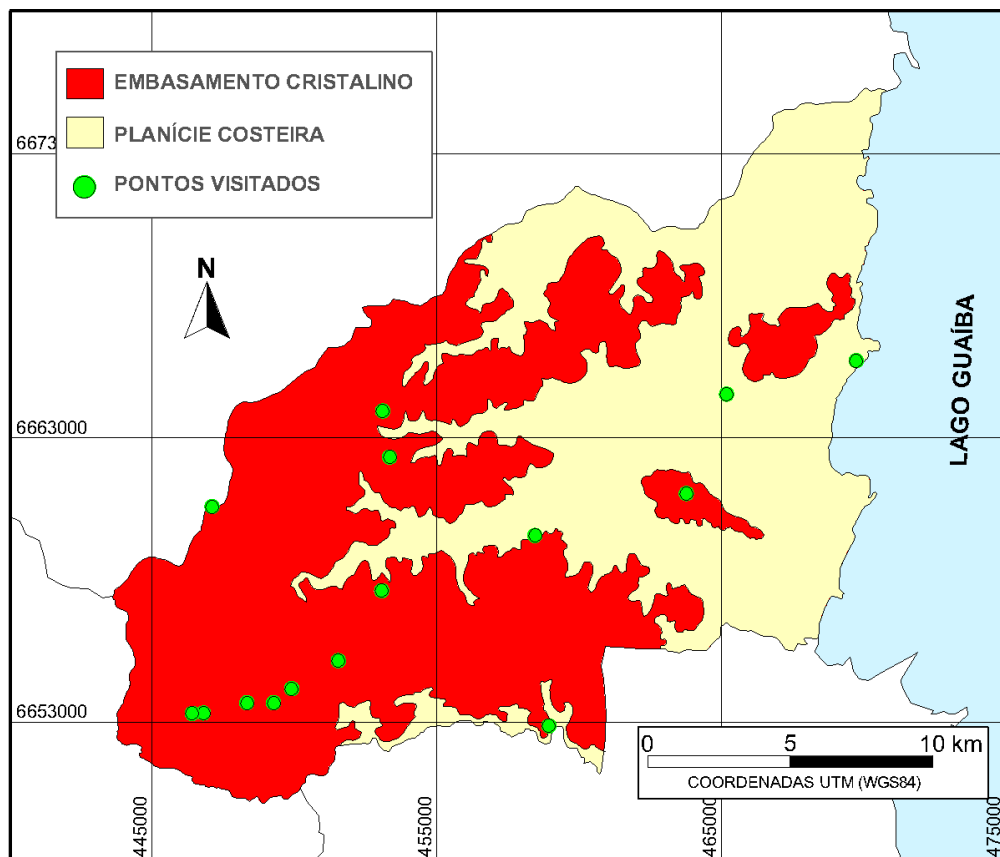


Figura 17 - Mapa geológico de Guaíba com os afloramentos visitados durante o levantamento geológico de campo (modificado de CPRM, 2005).

4.1.1. EMBASAMENTO CRISTALINO

O embasamento cristalino na região de estudo é caracterizado por rochas ígneas que fazem parte do Batólito de Pelotas. Durante a etapa de levantamento geológico de campo constatou-se que a área do Embasamento Cristalino apresenta, em sua maior parte, um espesso manto de alteração, com poucas ocorrências de rochas aflorantes. Em cotas acima de 100 m, no entanto, há uma maior frequência de afloramentos, sendo que essa zona é caracterizada por apresentar relevos mais íngremes e drenagens mais encaixadas. No total foram visitados 13 afloramentos do tipo lajeados e 2 pedreiras abandonadas (fig. 18 e 19). Na maioria dos afloramentos as rochas apresentavam médio a alto grau de alteração.



Figura 18 - Pedreira abandonada visitada durante o levantamento geológico de campo.



Figura 19 - Afloramento do tipo lajeado.

As rochas identificadas na região foram descritas macroscopicamente e são representadas por granitos de cor rosada, com texturas fanerítica média e grossa, tendo biotita como mineral varietal (fig. 20 e 21). As proporções entre Quartzo e K-Feldspato variam consideravelmente de um local para outro. O teor de biotita também é variável e por vezes ausente. Não foi possível determinar limites entre os diferentes tipos de rochas, pois as variações texturais e proporções entre os minerais apareceram de forma aleatória nos afloramentos visitados. Também não há estruturas visíveis em fotografias aéreas que mostrem o contato entre diferentes litologias.



Figura 20 - Granitoide de textura fanerítica média.



Figura 21 - Granitoide de textura fanerítica grossa.

Os granitos da região são cortados por diques de composição ácida. Algumas dessas estruturas são visíveis em fotografias aéreas, formando cristas alongadas de direção NE (fig. 22). As rochas desses diques possuem textura afanítica a fanerítica fina, com pequenos fenocristais de K-feldspato (fig. 23).

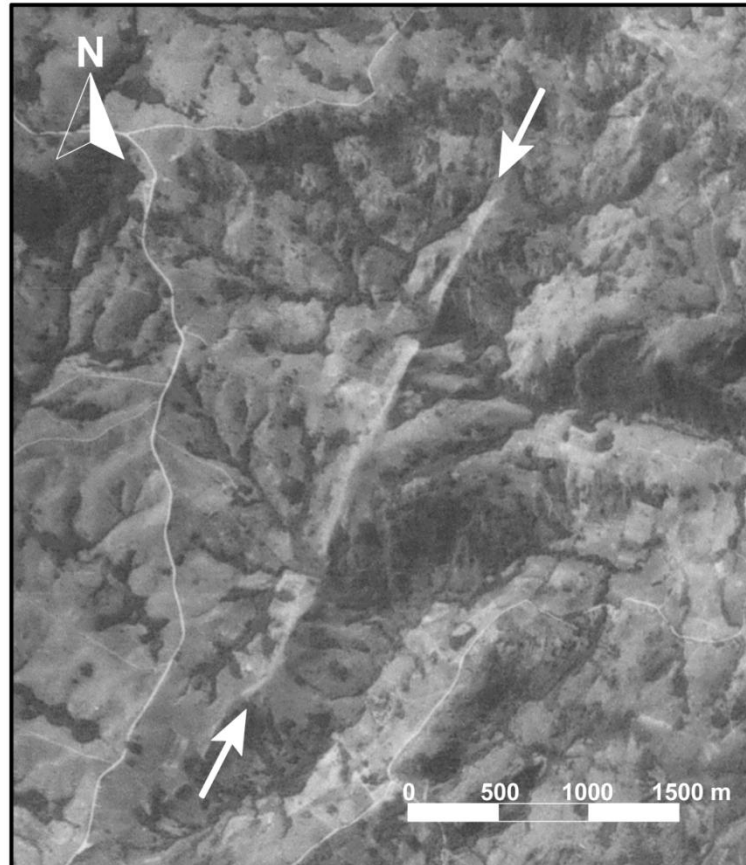


Figura 22 - Setas indicando dique de composição ácida identificado em fotografia aérea.



Figura 23 - Amostra do dique de composição ácida.

O manto de alteração, na região de estudo, apresenta características heterogêneas. Em alguns locais foram identificados camadas de sedimentos argilo-siltoso com muito pouca areia (fig. 24), já em outros locais, ocorrem, solos areno-argilosos com grãos grosseiros de quartzo e fragmentos de veios de preenchimento (fig. 25). As cores dos solos são em geral avermelhadas ou alaranjadas, com veios e nódulos argilosos de cores esbranquiçadas ou cinzentas(fig. 26 e 27).



Figura 24 - Solo do manto de alteração do embasamento cristalino com predomínio de material siltico-argiloso.



Figura 25 - Solo do manto de alteração do embasamento cristalino de granulometria grosseira.



Figura 26 - Solo de cor alaranjada com veios esbranquiçados.



Figura 27 - Nódulos argilosos de cor cinzenta em solo de cor avermelhada.

Foi possível perceber que nas zonas de solos mais argilosos o relevo tende a ser mais ondulado com drenagens pouco encaixadas. Em contrapartida, nas zonas com lineamentos bem definidos, o solo se mostra com granulometria grosseira.

4.1.1.1. CARACTERIZAÇÃO ESTRUTURAL

Para a caracterização estrutural foram visitados 14 afloramentos, visando a descrição das características das fraturas e a medição das orientações das mesmas. Também foram usados os dados obtidos a partir dos lineamentos traçados sobre as fotos aéreas da região.

Na maioria dos afloramentos visitados as fraturas apresentavam-se muito fechadas ou preenchidas por quartzo (fig. 28 e 29). De forma geral verificou-se que os planos de fratura apresentam grande espaçamento, da ordem de 1 m a 5 m de distância (fig. 30). Em alguns locais, no entanto, há planos representados por aglomerados de fraturas, também muito fechadas e com espaçamento centimétrico (fig. 31). Em nenhum local foi possível observar circulação de água através das estruturas.



Figura 28 - Fratura preenchida por quartzo.



Figura 29 - Fratura fechada.



Figura 30 - Afloramento mostrando linhas de fraturas espaçadas.



Figura 31 - Aglomerados de fraturas .

Durante os trabalhos de campo foram tomadas 101 orientações de fraturas. Esses dados foram organizados em forma de tabela (ver apêndice A) e utilizados para a geração do diagrama de roseta da figura 32. As fraturas identificadas, são na sua maioria, subverticais ou com mergulhos superior a 60° .

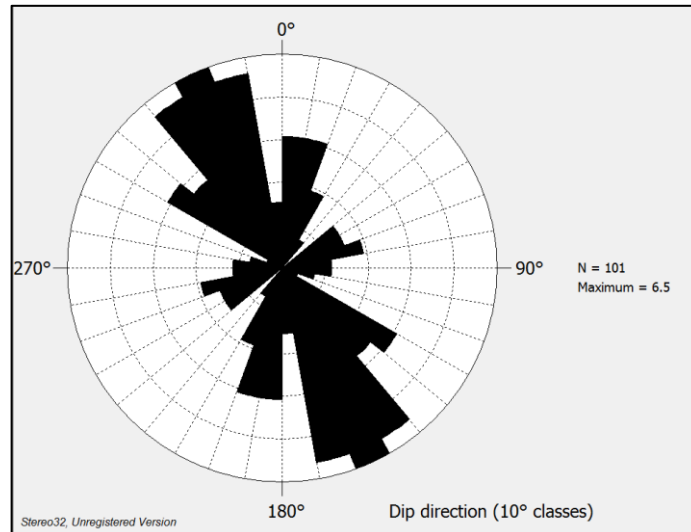


Figura 32 - Diagrama de roseta com direção das fraturas medidas em campo.

A partir da análise do digrama, foi constatado que a direção da maior parte das fraturas medidas em campo estão entre os rumos N20-30W, Seguido de iguais proporções nos rumos N10-20W e N30-40W. Uma frequência expressiva também ocorre nos intervalos N00-20E e N50-60W.

O levantamento realizado com a interpretação das fotografias (ver apêndice B) aéreas permitiu o traçado de 364 lineamentos (fig. 33), a partir dos quais foram extraídos dados de direção e comprimento. Esses parâmetros foram utilizados para geração do diagrama de roseta mostrado (fig. 34) e do gráfico de frequência de comprimentos (fig. 35).

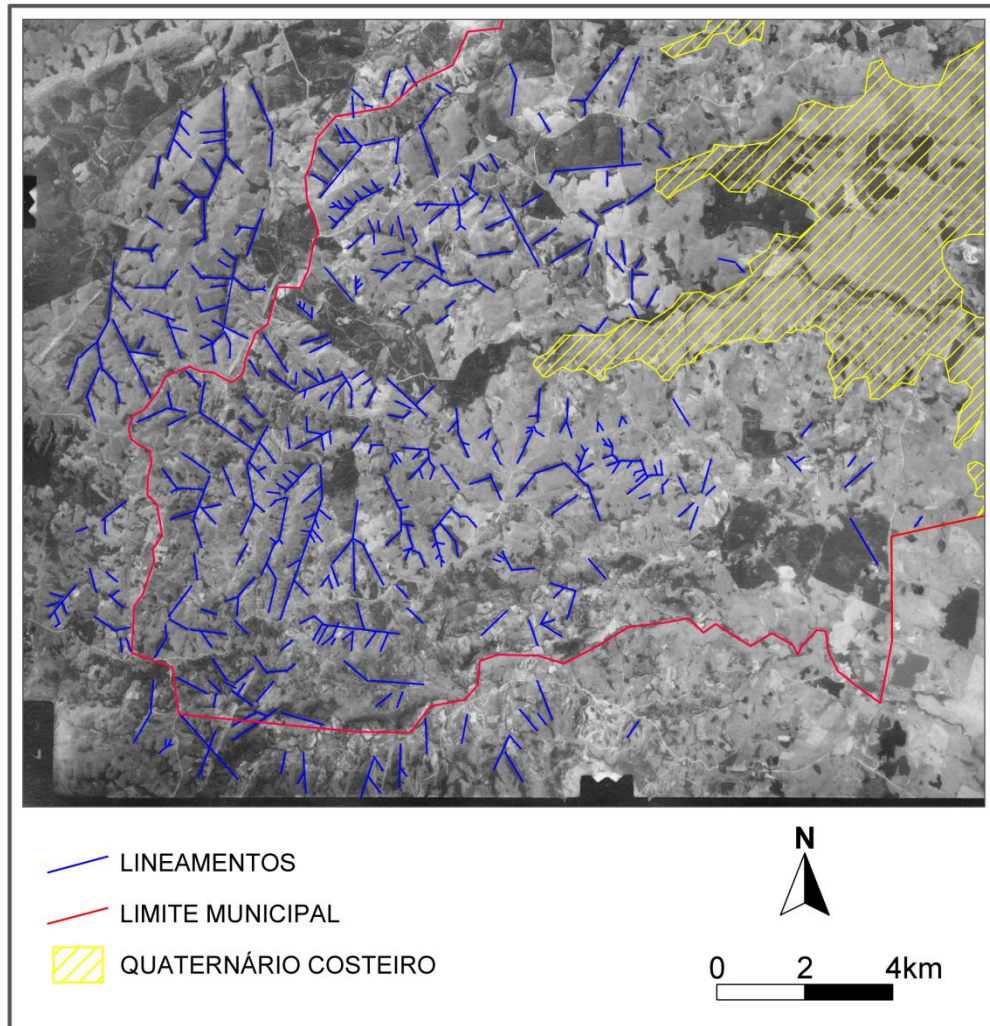


Figura 33 - Lineamentos traçados sobre fotos aérea.

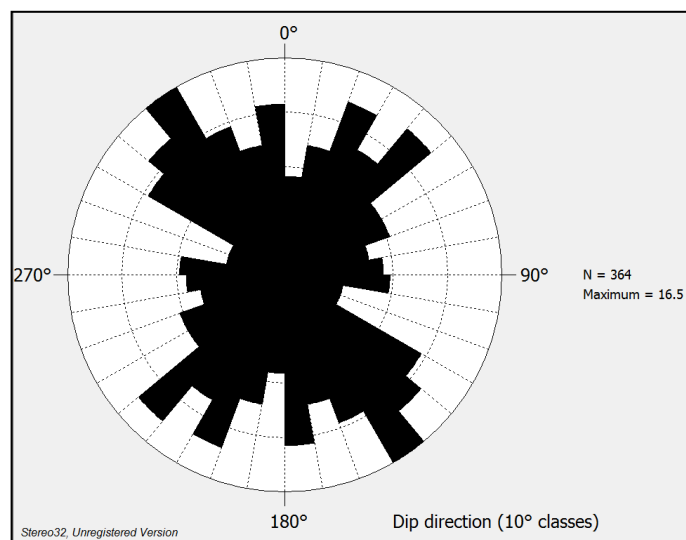


Figura 34 - Diagrama de roseta com direção lineamentos traçados sobre imagem aérea.

O diagrama mostra que a principal direção dos lineamentos aparece entre os rumos N30-40W , seguido do intervalo N50-60E e N20-30E. Também há uma frequência elevada nos rumos N40-50W e N00-10W. Nota-se que tanto nos lineamentos traçados sobre fotografia aérea quanto nas orientações das fraturas obtidas em campo há uma grande frequência de azimutes de orientação NE, principalmente no intervalo N00-60W.

O gráfico da figura 35 mostra a frequência de comprimentos dos lineamentos traçados. A maior frequência ocorre entre o intervalo de 250 a 500 m (42,31%), seguido de valores inferiores a 250 m (21,98%). Também há percentuais significativos para comprimentos entre 500 e 750 m (19,23%) e 750 e 1000 m (9,89%) Lineamentos superiores a 1000 m representam aproximadamente 6,5 % do total.

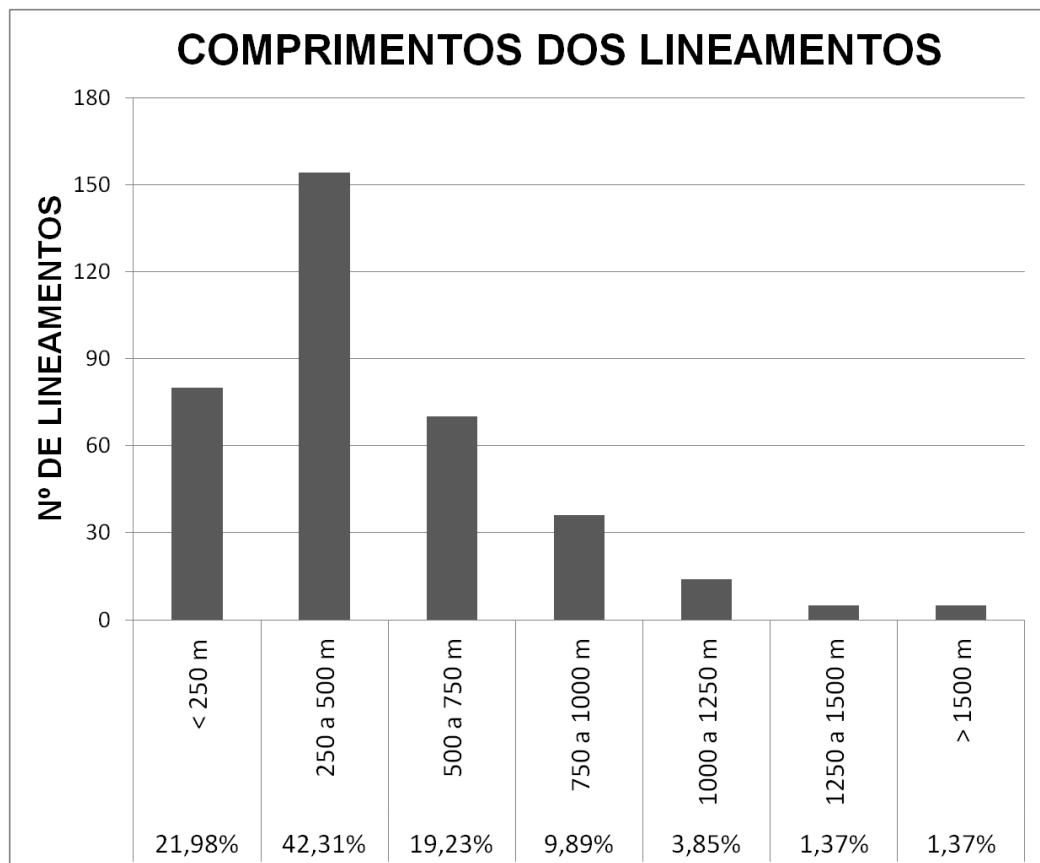


Figura 35 – Frequência dos comprimentos dos Lineamentos.

4.1.2. PLANÍCIE COSTEIRA

Os depósitos quaternários da planície costeira que ocorrem na área de estudo são constituídos basicamente por depósitos de leques aluviais e depósitos relacionados a sistema Laguna Barreira I. Durante a etapa da campo não foram encontradas boas exposições dessas unidades. O contato entre os leques aluviais e o Sistema Lagunar I não são nítidos, podendo haver divergências em relação aos contatos do mapa geológico da bibliografia.

Em um único ponto (UTM: E465126 - N6665039), foi possível avaliar um perfil com três metros de profundidade onde foi identificado um sedimento extremamente argiloso, com raros grãos de quartzo e nódulos arenosos (fig. 36). Pelo caráter extremamente argiloso desse sedimento e pelos grãos de quartzo dispersos, pode-se fazer a correlação com diamictitos, que são característicos das fácies proximais dos leques aluviais. Também não se descarta que esse sedimento seja oriundo do sistema Laguna Barreira I, devido a grande quantidade de argila.



Figura 36 - Perfil avaliado em campo.

Em dois perfis de sondagens a percussão realizadas no bairro Santa Rita (UTM: E468345 - 6671393) e na ETE de Guaíba (UTM: E465128 - N6670640) foram identificadas camadas superficiais ricas em argila, sobreposta a pacotes arenosos com níveis com seixos rolados compostos de quartzo leitoso e granitos . As camadas argilosas possivelmente estejam relacionadas aos Sistema Lagunar I, já as camadas arenosas e contendo seixos rolados podem estar associadas a fácies proximais do sistema de leques aluviais, que possui sedimentos arenosos e conglomeráticos.

Com base nos aspectos geomorfológicos consegue-se distinguir entre Depósitos de Leques Aluviais e do Sistema Lagunar I. Os depósitos de leques aluviais da área de estudo apresenta-se na forma relevo ondulado, com coxilhas suaves (fig. 37), já os depósitos relacionados ao Sistema Lagunar I, se destacam apresentado um relevo extremamente plano, dominado pelo cultivo de arroz. (fig. 38),



Figura 37 - Fotografia de uma região elevada do embasamento cristalino em direção a zona mais baixa, onde ocorrem os leques Aluviais



Figura 38 - Relevo extremamente plano, característico do Sistema Lagunar I em Guaíba.

4.2. CARACTERIZAÇÃO HIDROGEOLÓGICA

Para a caracterização hidrogeológica foram visitados um total de 90 poços localizados nos domínios hidrogeológicos do SAEC e do SAQC. Também foram levantados uma série de informações de 41 poços nos bancos de dados SIAGAS e em relatórios técnicos fornecidos pela CORSAN e pela empresa Hidrogeo. A figura 39 mostra a distribuição desses pontos de captação plotados sobre o mapa hidrogeológico do município.

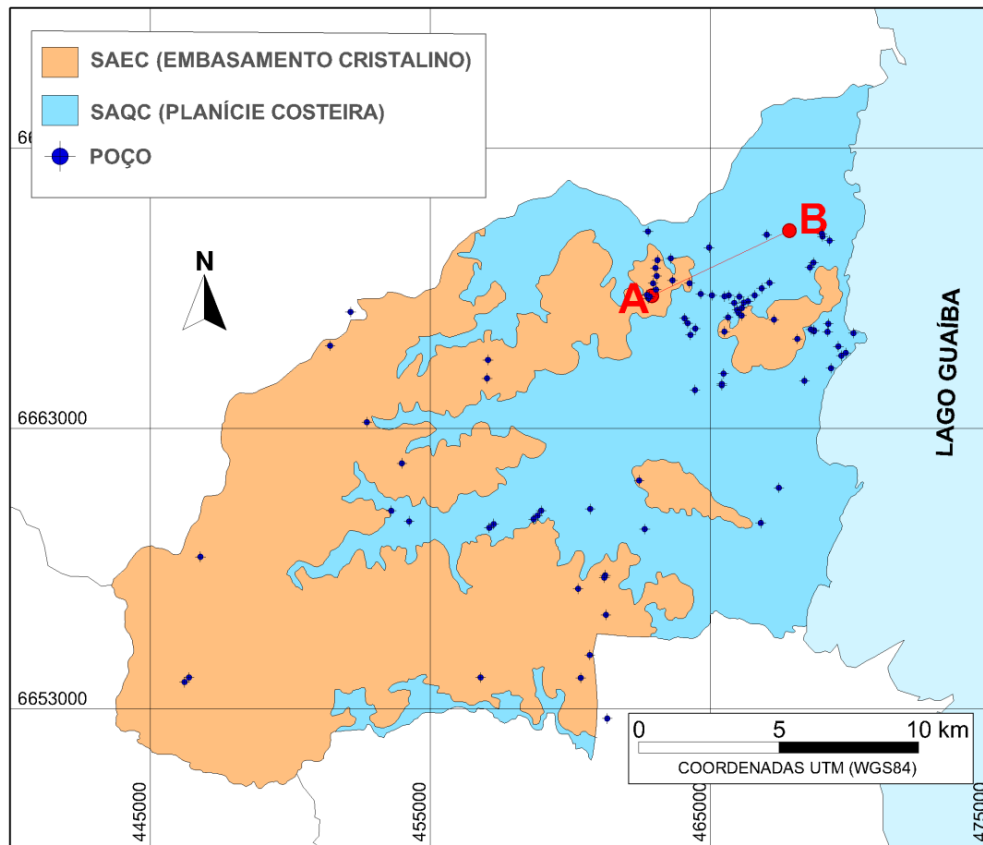


Figura 39 - Distribuição dos poços levantados sobre mapa hidrogeológico do município (modificado de CPRM, 2005).

A partir da análise dos perfis litológicos de alguns desses poços e do contexto geológico da região, foi possível elaborar um perfil esquemático A-B (fig. 40) indicado na figura 39, mostrando as relações de contatos dos dois sistemas aquíferos da região.

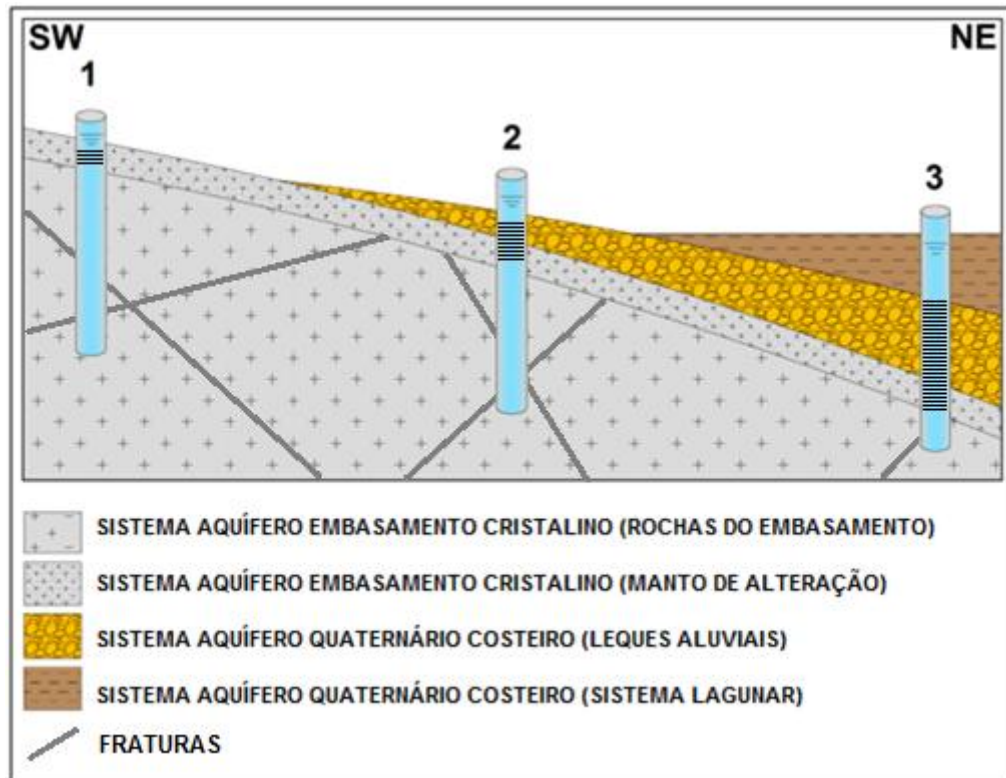


Figura 40 - Perfil A-B, mostrando a relação entre as diferentes litologias da região e três possibilidades de locações de poços.

O perfil mostra que é possível a existência de poços que interceptam várias unidades geológicas. Dessa forma há a possibilidade de poços que captam água individualmente de cada unidade ou poços mistos, que captam água de múltiplas unidades.

4.2.1. FORMAS DE CAPTAÇÃO

Quanto as formas de captação foram identificados 49 Poços Tubulares, 31 Poços ponteira e 7 Poços do tipo Cacimba . A figura 41 expressa graficamente a proporção entre os tipos de poços cadastrados. Em três locais não foi possível a identificação do tipo de captação pois as instalações das mesmas encontravam-se inacessíveis.

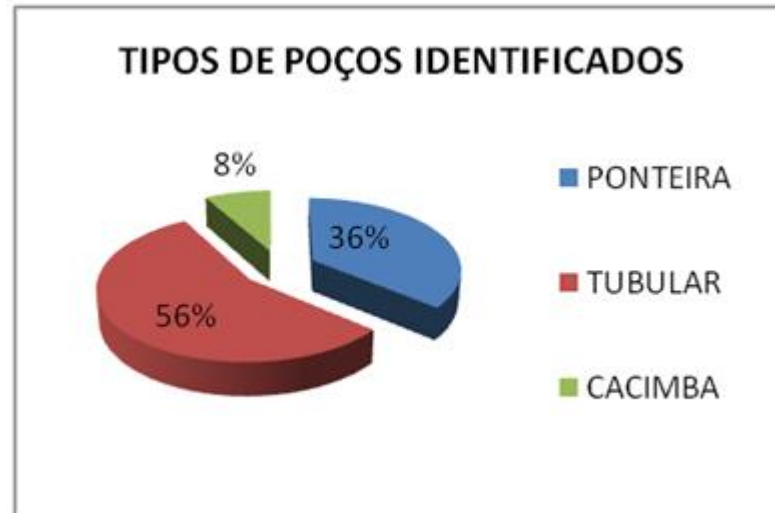


Figura 41 - Proporções entre os tipos de poços identificados.

Os poços ponteira identificados são construídos com tubo de PVC, os diâmetros variam entre 30 e 60 mm (fig. 42). A principal forma de bombeamento deste tipo de captação é o compressor de pistão. Em poços com diâmetros de 40 mm a 60 mm, no entanto, é comum o uso de bombas centrífugas, devido a possibilidade de instalação de válvula retentora (fig. 43).



Figura 42 - Poço ponteira com sistema de bombeamento com compressor.



Figura 43 - Poço ponteira com bomba centrífuga.

Apesar de terem sido identificados um menor número de poços ponteira entre os pontos inventariados, percebeu-se, durante a visita aos domicílios, que este tipo de captação é bastante popular, devido a inúmeros relatos de pessoas que afirmavam saber da existência de outros locais com esse mesmo tipo de poço. Por serem construídos fora de norma, não foram obtidos dados hidrodinâmicos nem construtivos desses poços, apenas a profundidade, que foi fornecida pelo proprietário.

Os poços tubulares identificados na região de Guaíba possuem diâmetros entre 100 mm e 304,8 mm e atingem profundidades entre 20 m e 288 m. A maioria deles são equipados com bomba submersa. Durante o levantamento de campo foram identificadas poucas ocorrências desse tipo de captação. A maioria das informações levantadas sobre esses poços foram extraídas do banco de dados do SIAGAS e de relatórios técnicos fornecidos pela CORSAN e pela empresa de perfuração de poços Hidrogeo. A figuras 44 e 45 mostram alguns desses poços.



Figura 44 - Poço tubular profundo.



Figura 45 - Poço tubular profundo.

Os poços do tipo cacimba foram identificados apenas 7, sendo que 2 deles encontravam-se desativados (figs. 46 e 47).



Figuras 46 e 47 - Poços tipo Cacimba.

4.2.2. USO DA ÁGUA

Na maioria dos pontos identificados o uso da água se destina a atividades domésticas. Já nas zonas rurais, além do uso doméstico, é comum o uso da água para as atividades agropecuárias, como irrigação e dessedentação de animais. Também foram identificados usos da água para abastecimento (poços comunitários), lavagens de veículos (poços de postos de combustíveis), e industrial (poços existentes em indústrias que utilizam água subterrânea no desenvolvimento dos processos industriais). O Quadro 1 mostra os principais usos da água e o número de poços.

Quadro 1 - Principais Usos da água

USO DA ÁGUA	Nº DE POÇOS
ABASTECIMENTO URBANO	2
ATIVIDADES RURAIS	3
COMUNITÁRIO	5
DOMÉSTICO	35
DOMÉSTICO / ATIVIDADES RURAIS	3
ESCOLA	1
INDUSTRIAL	14
POSTO DE COMBUSTÍVEL	5

Alguns dados relacionados ao uso da água podem estar desatualizados, pois nem todos os poços foram visitados para verificação da situação atual.

4.2.3. HIDROGEOLOGIA DO SISTEMA AQUÍFERO QUATERNÁRIO COSTEIRO

Para a caracterização hidrogeológica do SAQC foram utilizados os dados dos perfis geológicos dos poços identificados e dados obtidos nos poços inventariados.

A análise dos perfis geológicos dos poços demonstra um predomínio de camadas argilosas e argilo-arenosas intercaladas com camadas arenosas (Fig. 10). Essa intercalação possibilitam a ocorrência de aquíferos livres e confinados dependendo da relação estratigráfica das camadas de sedimentos arenosos e argilosos. A distribuição das camadas sedimentares são aleatórias na maioria dos perfis geológicos analisados, não sendo possível verificar a continuidade lateral das mesmas, exceto em dois poços localizados na porção NE do município (HG50 e HG52), que serão analisados individualmente mais adiante.

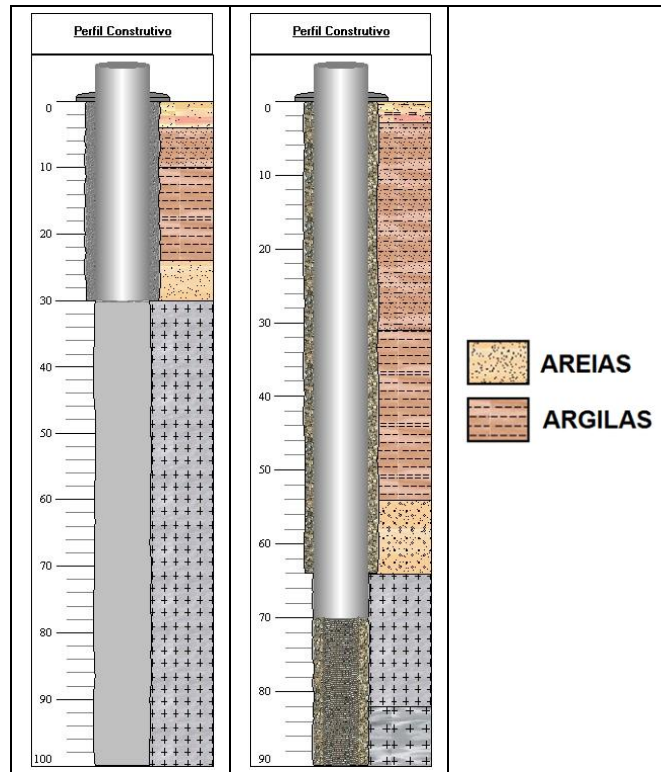


Figura 48 - Perfis Geológicos de dois poços mostrando camadas predominantemente argilosas com níveis areno-argilosos a arenosos (SIAGAS, 2015).

As espessuras de camada sedimentar identificadas nos perfis litológicos de 18 poços variam entre 4 m e 64 m. O gráfico da figura 49 mostra a proporção entre as espessuras dessas camadas. Dentro desses pacotes sedimentares ocorrem níveis arenosos, que variam entre aproximadamente 1 m e 25 m de espessura, isso possibilita existência de aquíferos com volumes consideráveis.

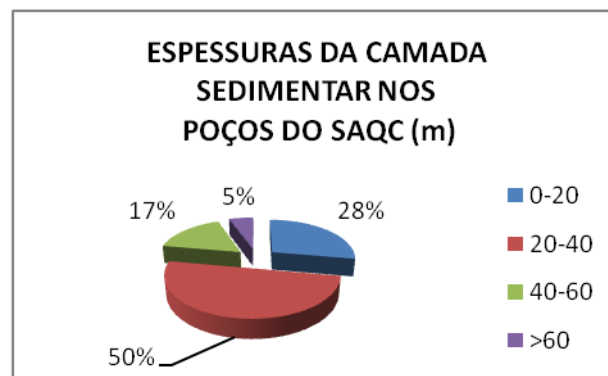


Figura 49 - Gráfico espessura da camada sedimentar do SAQC.

O gráfico da figura 50 mostra as variações de profundidade de 15 poços ponteira localizados no SAQC. A maioria deles não possuem perfuração em rocha e

captam água exclusivamente da camada sedimentar. As profundidades mostram que a maioria dos poços (67 %) possuem profundidades entre 20 m e 40 m, no entanto há poços com profundidades superiores a 40 m (13%) e com profundidades até 20 m (20%). Dessa forma, os poços ponteira demonstram que captam água dos aquíferos granulares que estão localizados em diferentes profundidades.

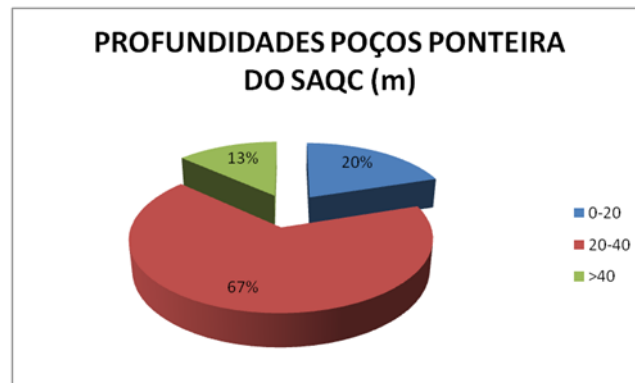


Figura 50 - Profundidade dos poços ponteira do SAQC.

A caracterização hidrodinâmica do SAQC ficou limitada, devido a existência de apenas 3 poços com dados hidrodinâmicos que captam água exclusivamente dos aquíferos associados a esse sistema aquífero. Quase que a totalidade dos poços, com dados hidrodinâmicos, contidos no SAQC também captam água do aquífero fraturado.

Foram identificados 3 poços com dados hidrodinâmicos, sendo que 2 deles se localizam em uma mesma área. O Quadro 2 mostra dados desses poços.

Quadro 2 - Dados de poços que captam água exclusivamente do SAQC.

POÇO	UTM E	UTM N	PROFUNDIDADE (m)	NÍVEL ESTÁTICO (m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	VAZÃO (m³/h)
HG50	468975	6669950	50	6,21	14,56	51,43
HG52	469250	6669700	50	7,77	24,8	18,42
HG54	465050	6667750	25	5,5	20	6,1

Nota-se que os HG50 e HG52 apresentam vazões 18 e 51 m³, sendo os mais produtivos entre os poços identificados neste trabalho. Apesar de possuírem perfuração em rocha, apresentam seção filtrante em uma espessa camada arenosa, com aproximadamente 15 m de espessura. (fig. 51) . Isso evidencia que o aquífero

granular tem grande contribuição na produtividade desses poços. Essas vazões elevadas também foram verificadas em uma avaliação hidrogeológica da porção NE do município de Guaíba (Hidrogeo, 1996).

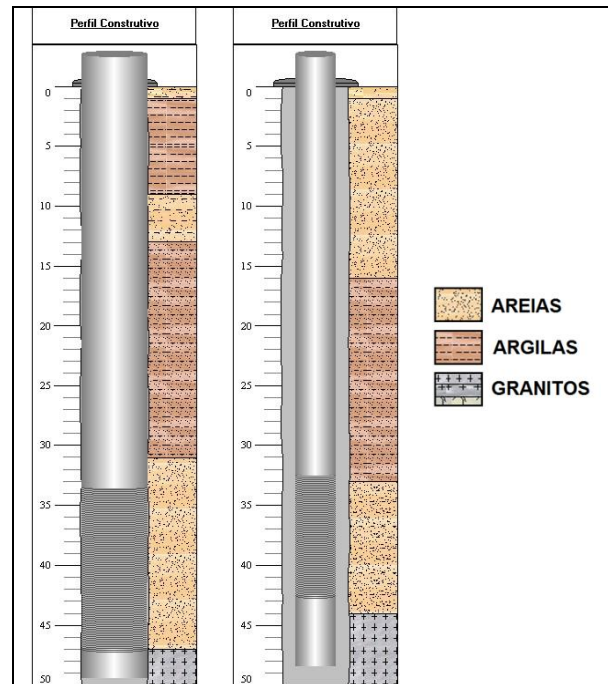


Figura 51 - Poços HG50 e HG52, com camadas arenosas a partir de 32m (SIAGAS, 2015).

4.2.4. HIDROGEOLOGIA DO SISTEMA AQUÍFERO EMBASAMENTO CRISTALINO.

A hidrogeologia do SAEC foi descrita principalmente com base nos dados extraídos do SIAGAS e relatórios fornecidos pela empresa de perfuração de poços Hidrogeo.

Baseando-se nos perfis geológicos e construtivos dos poços do SAEC (fig. 52) pode-se individualizar dois aquíferos distintos: Um associado ao sistema de fraturas das rochas e outro vinculado ao manto de alteração das mesmas. As espessuras do manto variam entre aproximadamente 5 m e 60 m, mostrando uma tendência de diminuição da espessura em cotas elevadas.

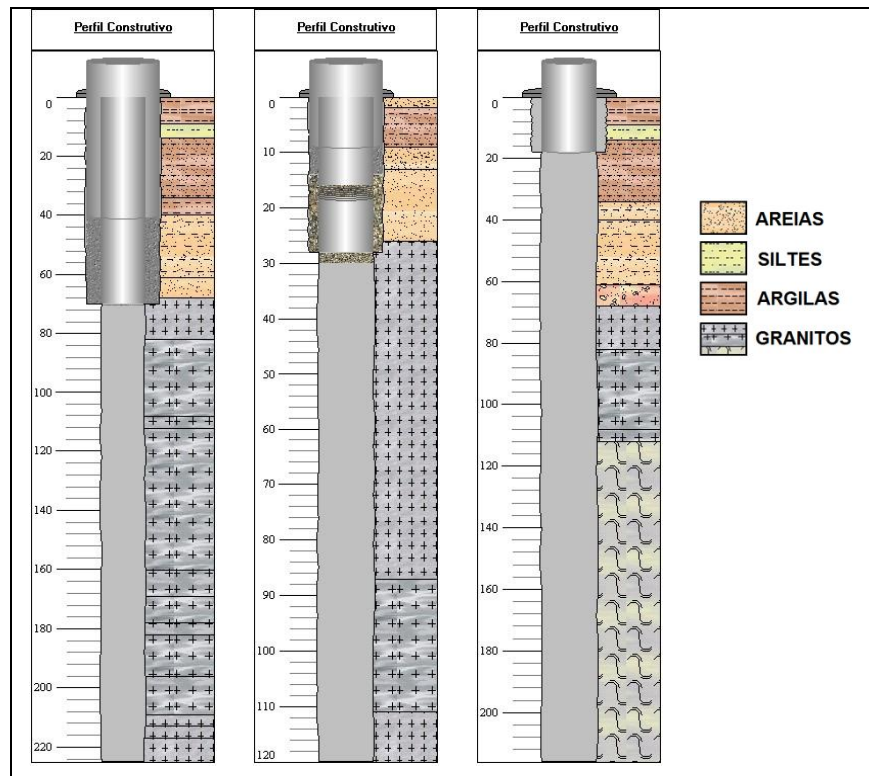


Figura 52 - Perfis geológicos e construtivos de poços do SAEC, mostrando a existência de um espesso manto de alteração (SIAGAS, 2015).

Os perfis litológicos dos poços mostram que o sedimento do manto de alteração é predominantemente argilosos a argilo-arenosos. Eventualmente há camadas com predomínio de areia. Essas camadas arenosas podem contribuir consideravelmente na produtividade dos poços. Em vários poços, são descritas camadas argilosas nos primeiros metros e um predomínio de sedimento arenoso nas porções mais profundas do manto de alteração. Essa condição possibilita a existência de um aquífero confinado ou semi-confinado relacionado a essas camadas. Os perfis também mostram a existência de camadas arenosas próximas a superfície, dessa forma também podem ocorrer aquíferos livres associados a esses sedimentos.

As descrições das litologias rochosas, na seção com perfuração em rocha, mostram granitos de cor rosada, eventualmente de cor cinza claro.

Com a análise das informações dos perfis construtivos e litológicos, os poços associados ao SAEC podem ser divididos em 3 grupos:

- Poços que captam água exclusivamente do aquífero fraturado

- Poços mistos, que captam água do aquífero fraturado e do aquífero granular relacionado ao manto de alteração e, em alguns locais, sedimentos quaternários.
- Poços que captam água exclusivamente da zona saturada do manto de alteração

Para a avaliação hidrodinâmica optou-se por utilizar poços que captam água do aquífero fraturado e poços mistos, isso por que não foram encontrados dados hidrodinâmicos de poços que captam água exclusivamente do manto de alteração. Cada um desses dois grupos foi tratado de forma individual para a avaliação dos parâmetros hidrodinâmicos. O quadro 3 mostra os dados hidrodinâmicos de 14 poços do aquífero fraturado e 11 do aquífero misto.

Quadro 3 - Dados hidrodinâmicos do SAEC.

DADOS AQUÍFERO MISTO						
POÇO	UTME	UTM N	NÍVEL ESTÁTICO (m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	VAZÃO (m ³ /h)	VAZÃO ESPECÍFICA (m ³ /h/m)
HG67	468100	6666200	12	46	7,54	*
HG62	462450	6661150	7,31	63,94	2,4	*
HG63	462729	6667767	16,58	218	3	0,015
HG64	462780	6667642	22,45	141,5	9,47	0,08
HG66	462949	6668178	18,25	89,44	1,108	0,016
HG67	463079	6668441	4,5	196,2	4,6	0,024
HG73	461240	6657767	9,21	32,91	2,32	0,098
HG77	460690	6654919	3	10	3,5	0,5
HG79	460366	6654106	5	13	4,2	0,525
HG81	456793	6654122	3	10	3,5	0,5
HG82	462829	6667710	25,5	48,91	8,32	0,355
DADOS AQUÍFERO FRATURADO						
POÇO	UTME	UTM N	NÍVEL ESTÁTICO (m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	VAZÃO (m ³ /h)	VAZÃO ESPECÍFICA (m ³ /h/m)
HG69	469625	6665700	3	47	3,17	*
HG60	469300	6665150	5,42	56,86	1,19	0,023
HG61	470100	6666400	8	57	1,3	*
HG65	463643	6668287	19,28	103,36	3,27	0,039
HG68	463104	6669009	21	151,6	3,75	0,029
HG69	451422	6665955	24	115	1,18	0,013
HG70	469179	6666448	30	144	0,9	0,008
HG71	446382	6654121	9	150	0,5	0,004
HG72	446226	6653955	9	29	4,8	0,24
HG74	469205	6666734	30	58	2,8	0,1
HG85	458954	6660072	6	28	3	0,136
HG86	461208	6657679	6,5	16	4	0,421
HG87	461267	6656356	1,8	11,6	2,5	0,255
HG89	469670	6665595	0,95	47,2	1,62	*

A análise das vazões (fig. 53) mostra que os poços do aquífero fraturado possuem baixa produtividade, com vazões máximas entre 3 m³/h e 4 m³/h. Os poços do aquífero misto apresentam, na maior parte dos casos, vazões inferiores a 6 m³/h, mas evidenciam uma maior capacidade de produção quando comparados com os aquíferos fraturados, pois há poços que apresentam vazões superiores a 9 m³/h. Esse aumento da vazão está relacionado com uma maior espessura das camadas de sedimentos do manto de alteração

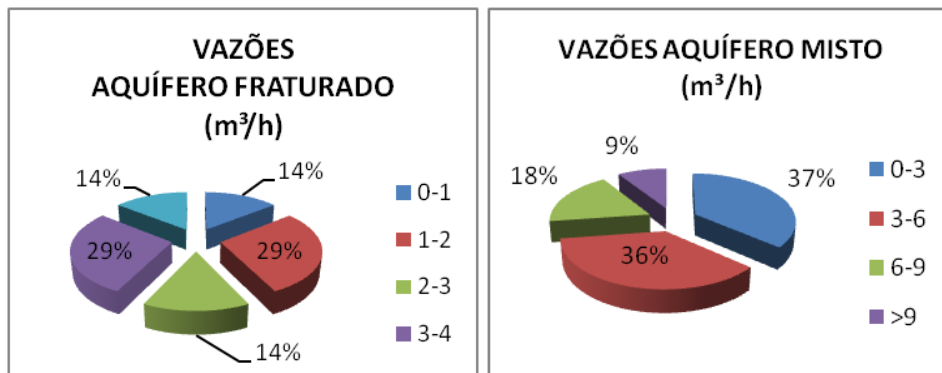


Figura 53 – Gráficos demonstrando vazões do aquífero fraturado e do aquífero misto.

Quanto ao Nível Estático (fig. 54) percebe-se que no aquífero fraturado a maioria dos valores fica entre 0 e 10 (64%). Essa tendência também acontece para o aquífero misto, que apresenta 55% dos valores entre 0 e 10. No entanto percebe-se um aumento na proporção no intervalo de 10 a 20 para o aquífero misto. Essas variações podem ser explicadas pois a água subterrânea que circula pelos aquíferos granulares associados ao manto de alteração e pelas fraturas nos aquíferos fraturados está submetida a diferentes condições de pressão, gerando essas variações do NE.

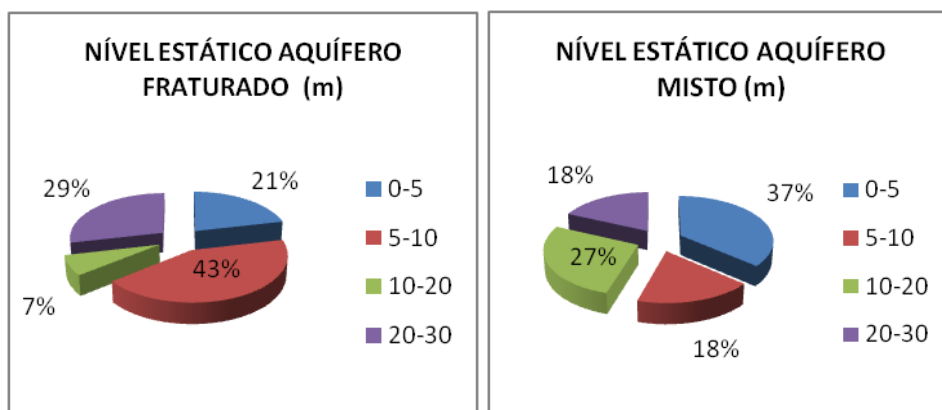


Figura 54 – Gráficos demonstrando níveis estáticos do aquífero fraturado e do aquífero misto.

O Nível Dinâmico (fig. 55) não permite muitas interpretações, pois é um parâmetro que depende do bombeamento. No entanto, há um aumento nas proporção de valores inferiores a 20 m para o aquífero misto. Isso pode estar indicando que o aquífero granular está contribuindo com entradas d'águas, deixando o nível dinâmico mais raso.

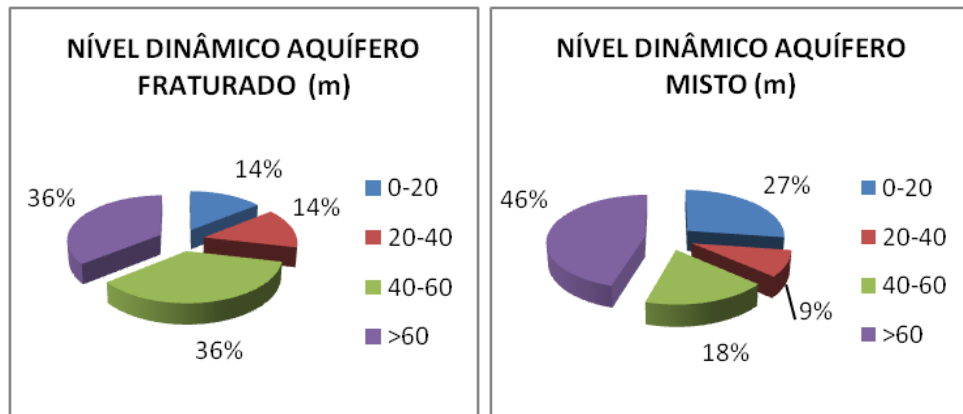


Figura 55 – Gráficos demonstrando níveis dinâmicos do aquífero fraturado e do aquífero misto.

Quanto a vazão específica (fig. 56), nota-se que para o aquífero misto há uma maior ocorrência de valores mais elevados (acima de 0,2 m³/h/m), enquanto que para o fraturado Há uma grande ocorrência de valores inferiores a 0,2.

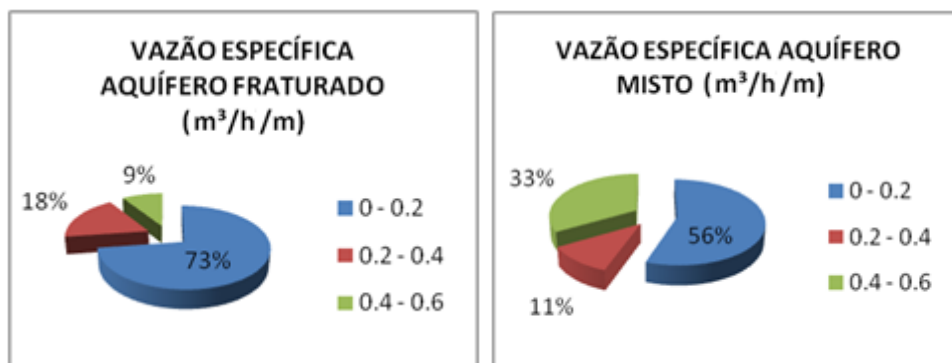


Figura 56 – Gráficos demonstrando vazões específicas do aquífero fraturado e do aquífero misto.

Dados de Transmissividade só foram identificados em 6 poços. Esses dados estão contidos no quadro 4.

Quadro 4 - Dados de Transmissividade do SAEC.

POÇO	UTM E	UTM N	TIPO DE AQUÍFERO	TRANSMISSIVIDADE (m²/s)
HG60	469300	6665150	Faturado	9,00.10 ⁻⁶
HG64	462780	6667642	Misto	0,00561
HG65	463643	6668287	Faturado	0,01676
HG66	462949	6668178	Misto	0,008
HG67	463079	6668441	Misto	0,0198
HG83	465500	6667713	Misto	8,80.10 ⁻⁵

Os dados a cima mostram que há poços que captam água tanto de aquíferos mistos como de fraturados. Os valores de forma geral são extremamente baixos, no entanto há grandes variações. Isso deve estar relacionado, no caso dos aquíferos mistos, a diferentes espessuras que influenciam no volume estocado e consequentemente nas vazões de produção e nos valores dos parâmetros hidrodinâmicos como transmissividade. Os poços do fraturado também apresentam variações, que podem estar associadas ao grau de faturamento da rocha, bem como quantidade de fraturas interceptadas pelo poço (entradas de água).

A figura 57 mostra poços com dados hidrodinâmicos do SAEC sobrepostas aos lineamentos traçados sobre fotografia aérea.

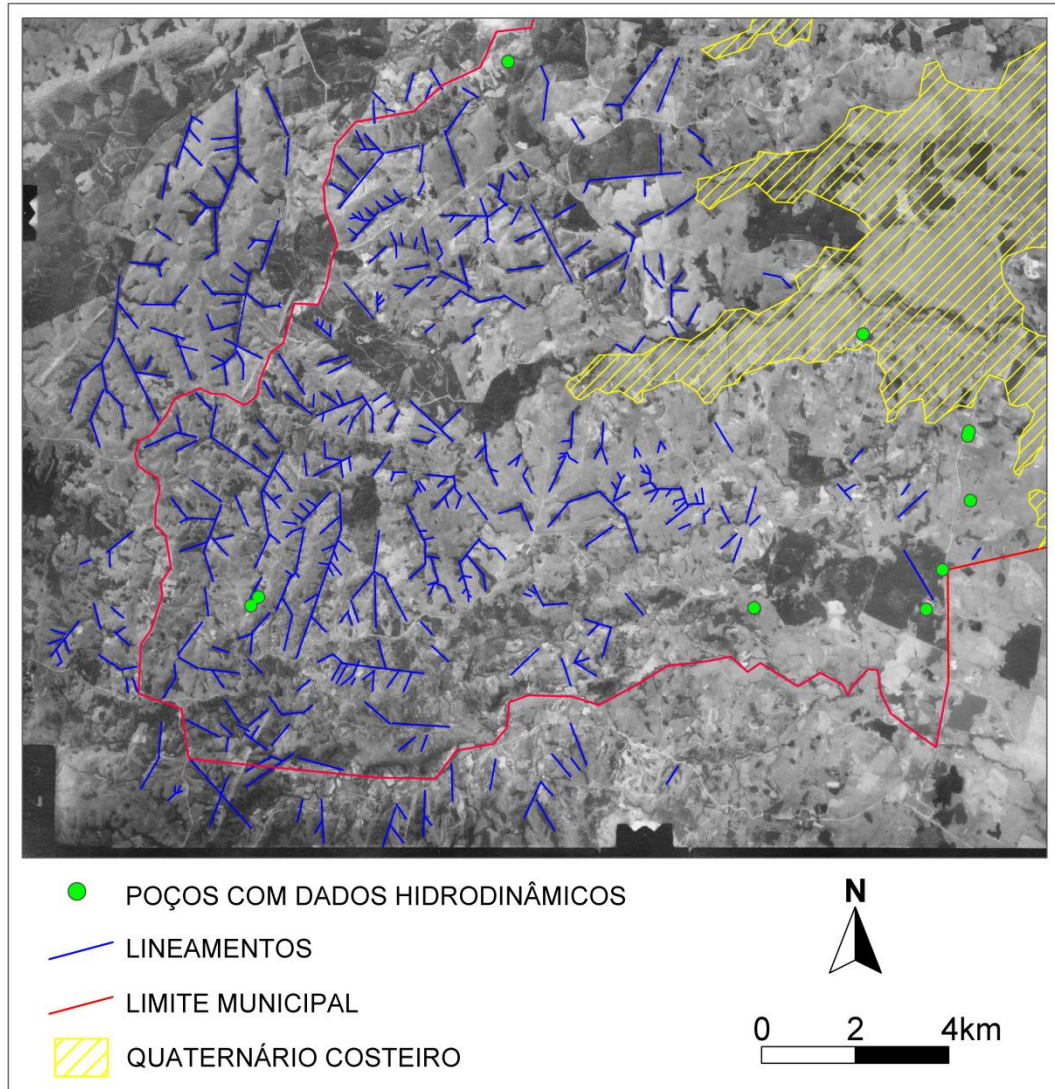


Figura 57 – Porção Oeste do Município de Guaíba, com poços do SAEC sobrepostos aos lineamentos traçados sobre fotografia aérea.

Nota-se que a grande maioria dos poços estão em áreas sem lineamentos expressivos, na zona onde o relevo se mostra mais suavizado. Apenas dois poços estão locados efetivamente em zonas próximas aos lineamentos. A análise de vazões desses poços não permite realizar avaliações e correlações entre a orientação de estruturas e a vazão de poços. Seria relevante, durante o processo de locação de novos poços, posiciona-los junto a lineamentos expressivos para que se comece avaliar a influência dessas estruturas na produtividade.

4.3. CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA

A caracterização hidroquímica foi feita com base nos dados de análises obtidas através CORSAN, SIAGAS e da empresa de perfuração de poços Hidrogeo. Também foram utilizados dados de pH, TDS e condutividade obtidos com o emprego da sonda multiparâmetro (TESTR 35 SERIES da Eutech Instruments), durante a etapa de levantamento de campo.

Para a avaliação de pH TDS e condutividade foram utilizados dados de 25 poços no SAQC e 21 no SAEC, sendo que 13 captam água exclusivamente do manto de alteração e 8 do Aquífero fraturado.

A parte de classificação de águas foi feita através do software Qualigraf (Mobus 2002), onde foram gerados diagramas de Piper, Schoeller e Stiff para cada um dos Sistemas aquíferos.

4.3.1. CARACTERIZAÇÃO HIDROQUÍMICA DO SISTEMA AQUÍFERO QUATERNÁRIO COSTEIRO.

4.3.1.1 pH, CONDUTIVIDADE E TDS

O quadro 5 mostra dados de pH, condutividade elétrica e TDS do SAQC utilizados na elaboração dos Gráficos da figura 58.

Quadro 5 - Dados de pH, condutividade e TDS do SAQC.

SAQC		
pH	CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S/cm}$)	TDS (mg/L)
4,83	46,2	33,00
5,12	49,7	35,6
5,34	50,8	36,00
5,47	52,4	37,2
5,56	53,4	38,00
5,58	72,2	51,3
5,75	77,6	55,1
5,79	85,3	60,6
5,85	85,4	60,7
6,16	92,3	65,4
6,28	99,1	71,00
6,43	100,2	77,7
6,48	109,2	78,7
6,51	117,4	83,5
6,59	135,4	96,2
6,6	140,5	99,8
6,68	144,5	103,00
6,69	145,5	103,00
6,86	156,4	111,00
7,15	197,9	141,00
7,33	208,00	146,00
7,4	223,00	160,00
7,44	230,00	162,00
7,65	265,00	189,00
7,93	270,00	193,00
MÉDIA pH	MÉDIA CONDUTIVIDADE ($\mu\text{S/cm}$)	MÉDIA TDS (mg/L)
6,38	128,30	91,51

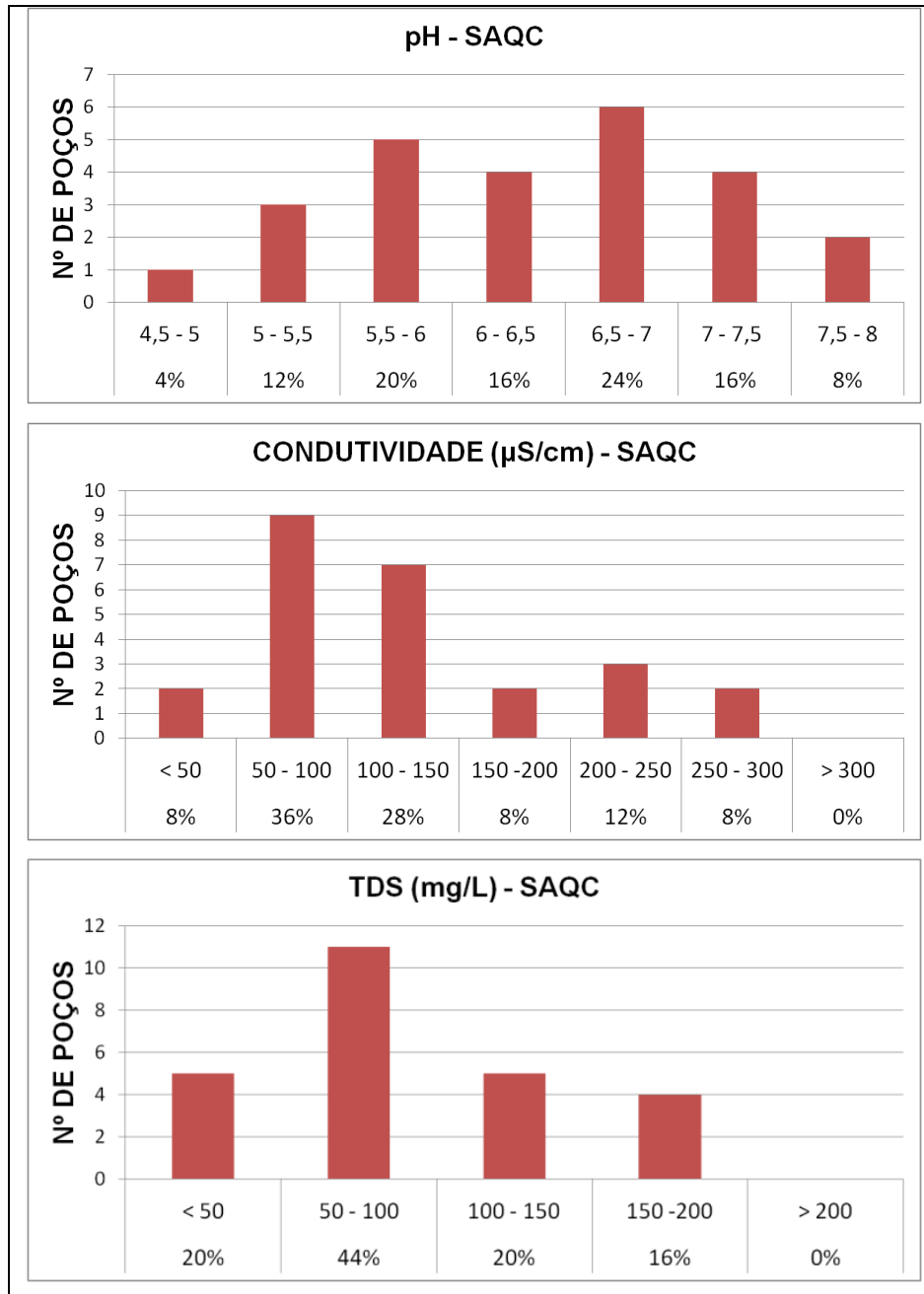


Figura 58 - Gráficos de pH, Condutividade e TDS do SAQC.

A análise dos gráficos mostra que no SAQC há uma grande variação de pH, desde água ácidas (pH 4,83) até alcalinas (pH 7,93), no entanto há um domínio de valores de pH ácido (76 % das amostras valores inferiores a 7). Isso provavelmente se deve a contribuição de águas de aquíferos livres, mais rasos, que apresentam caráter de pH mais baixo. Os valores de pH elevados, verificados em alguns poços, podem estar relacionados a águas de aquíferos confinados por camadas argilosas.

Quanto à condutividade dominam valores baixos, com 64 % das amostras com valores inferiores a 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. As baixas condutividades indicam baixo grau de mineralização e estão relacionadas com poços que captam água de aquíferos livres, que apresentam pouco tempo de residência das águas.

Os valores de TDS também são baixos, com a maioria dos poços com concentrações inferiores 100 mg/L (84%). Assim como o caso da condutividade, isso indica que a maioria dos poços capta água com baixo grau de mineralização, geralmente associadas a aquíferos livres.

4.3.1.2. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

O quadro 6 mostra os dados utilizados para a elaboração de diagramas de Piper, Schoeller e Stif para o SAQC (figs. 59, 60 e 61)

Quadro 6 - Dados utilizados para elaboração dos diagramas do SAQC.

Nº	POÇO	UTM E	UTM N	Sistema Aquifero	Tipo de aquífero	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cl (mg/L)	CO ₃ (mg/L)	HCO (mg/L)	SO ₄ (mg/L)	Alcalinidade (mg/L)
1	HG54	465050	6667750	SAQC	Granular	5,00	0,00	2,60	1,20	4,40	0,00	22,00	5,00	18,00
2	HG52	469250	6669700	SAQC	Granular	40,00	1,60	6,00	2,90	27,00	0,00	97,60	3,80	80,00
3	HG90	465271	6664558	SAQC	Granular	23,00	2,10	16,00	6,00	15,30	0,00	112,00	5,20	92,00

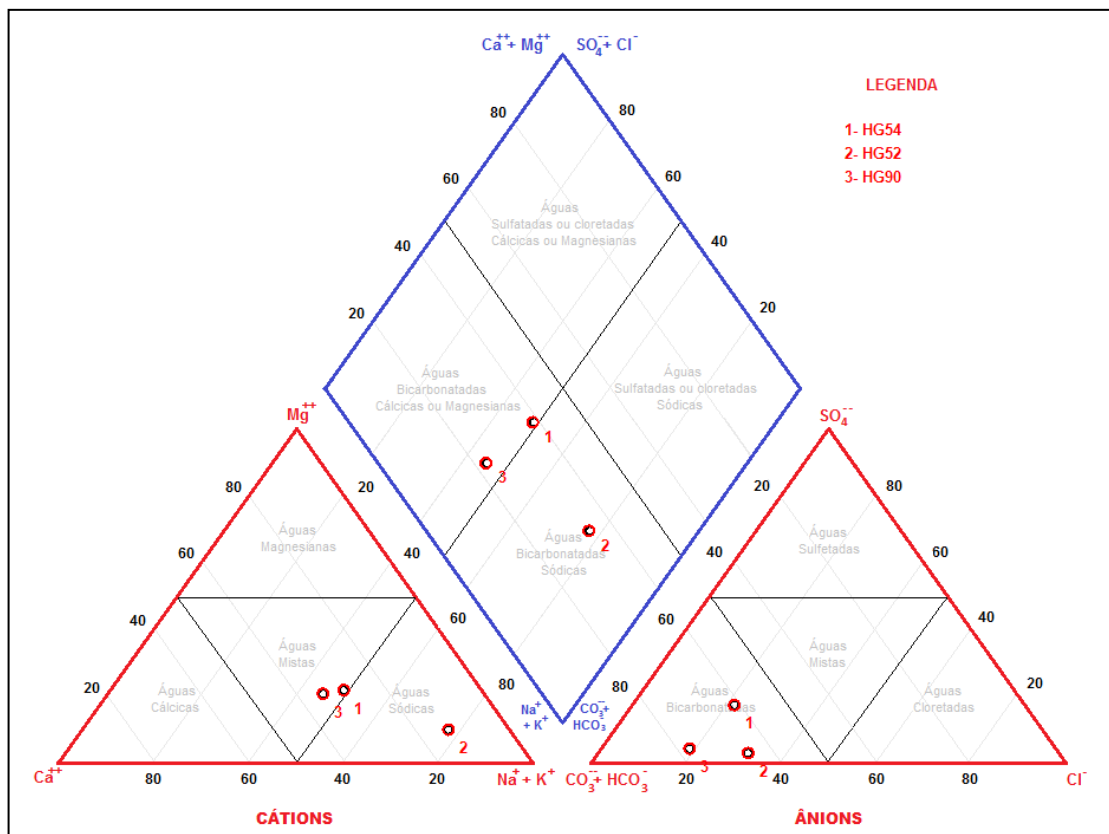


Figura 59 - diagrama de Piper do SAQC.

Embora sejam poucas amostras, o diagrama de Piper (fig. 59) mostra que os poços do Quaternário Costeiro, indicam que essas águas também podem ser bicarbonatadas sódicas e bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (mistas). Da mesma forma, essa ocorrência está associada ao fato que nesse sistema aquífero, os aquíferos podem ser livres e confinados e estão associados a camadas de sedimentos arenosos, que ocorrem em diferentes profundidades. Em função disso, a circulação da água ocorre de diferentes formas, originando assim águas com diferentes composições e graus de mineralização.

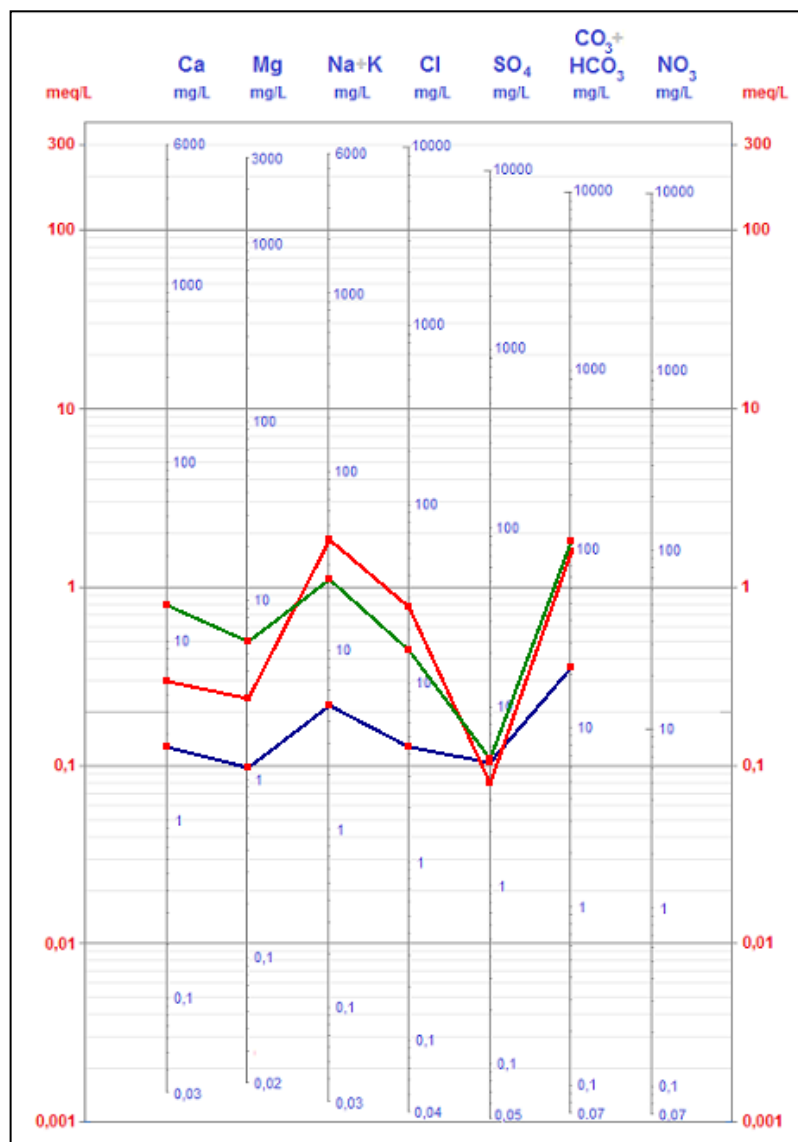


Figura 60 - diagrama de Schoeller do SAQC.

Quanto ao diagrama de Schoeller (fig. 60), em função do número reduzido de amostras não é possível fazer muitas considerações ou interpretações. No entanto pelo diagrama de Schoeller observa-se a ocorrência de diferentes tipos de água. A explicação pode estar relacionada com o fato de que esse sistema é caracterizado pela ocorrência de aquíferos livres e confinados que estão associados a camadas de sedimentos localizadas em diferentes profundidades.

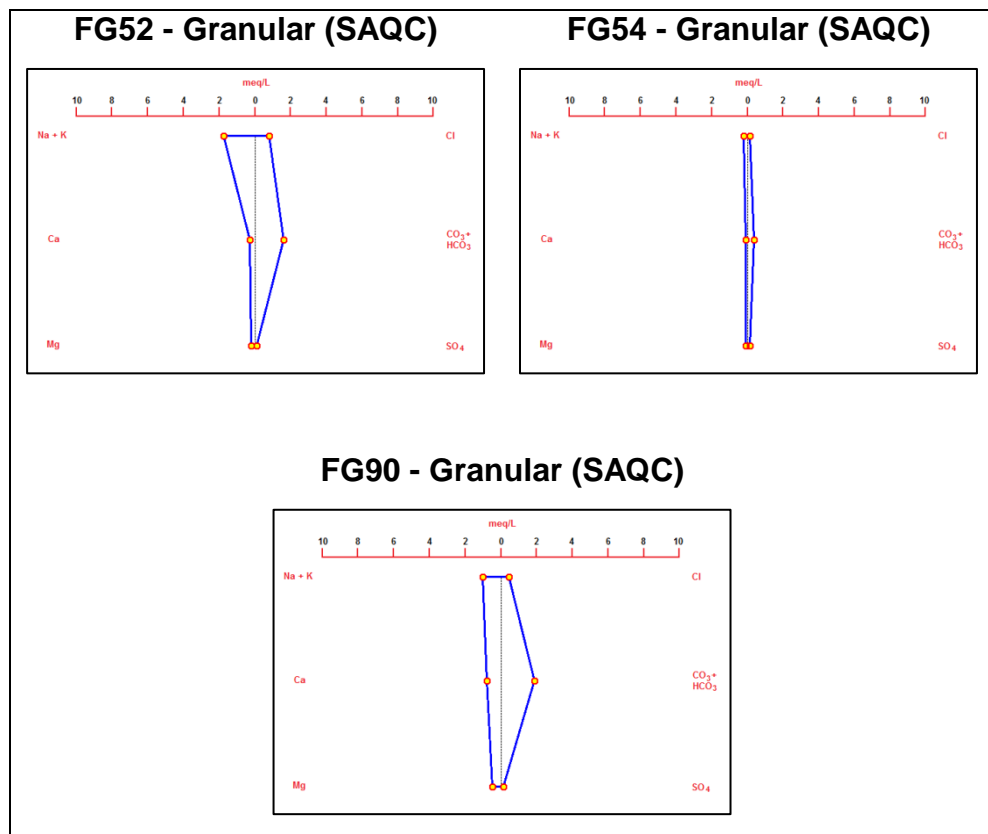


Figura 61 - Diagramas de Stiff do SAQC.

O diagrama de Stiff (fig. 61), Também não possibilita muitas interpretações, porém é possível perceber que um dos poços (FG54) indica um grau muito baixo de mineralização, enquanto os demais (FG90 e FG 52) apresentam concentrações iônicas mais elevadas. No caso do poço FG54 pode estar havendo uma contribuição de aquíferos livres, que costumam ter baixa mineralização. Já os poços FG90 e FG52 devem estar captando águas de aquíferos confinados, que se caracterizam por conter águas mais mineralizadas.

4.3.2. SISTEMA AQUÍFERO EMBASAMENTO CRISTALINO

4.3.2.1. pH, CONDUTIVIDADE E TDS

A avaliação de pH, condutividade e TDS de poços do manto de alteração do SAEC foram feitos com base nos dados contidos nos quadros 7 e 8. As figuras 62 e 63 demonstram graficamente os resultados para o manto de alteração e para o aquífero fraturado do SAEC.

Quadro 7 - Dados de pH, condutividade e TDS do SAEC (Manto de alteração).

SAEC - MANTO DE ALTERAÇÃO		
pH	CONDUTIVIDADE (μS/cm)	TDS (mg/L)
5,08	37,4	26,7
5,39	43,3	30,9
5,62	44,5	31,7
5,67	74,4	53,00
5,72	86,8	61,8
6,19	94,00	66,8
6,45	97,7	69,5
6,51	103,2	73,2
6,83	106,5	75,8
6,97	133,5	95,00
7,00	178,8	127,00
7,24	202,00	143,00
7,38	599,00	425,00
MÉDIA pH	MÉDIA CONDUTIVIDADE (μS/cm)	MÉDIA TDS (mg/L)
6,31	138,55	98,42

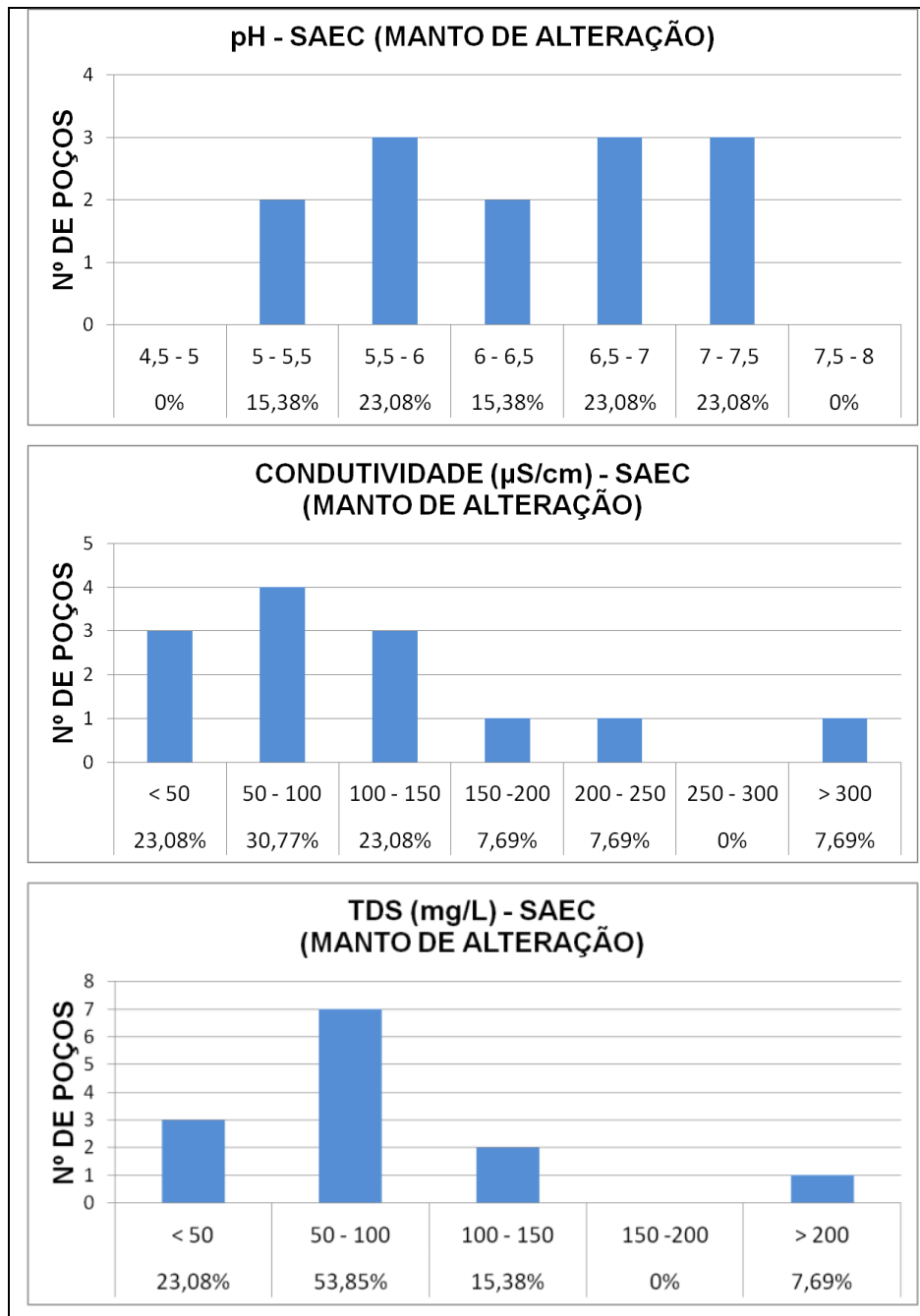


Figura 62 - Gráficos de pH, Condutividade e TDS do SAEC (manto de alteração).

Os poços que captam água do manto de alteração do SAEC, apresentam predominantemente pH ácidos, mostrando que provavelmente esses poços estão captando água de aquíferos livres. Poucos poços, no entanto, apresentam pH alcalino, sendo que nesse caso pode estar havendo contribuição de aquíferos confinados que podem ocorrer no manto de alteração dependendo da estrutura do mesmo.

Tanto as condutividades quanto os TDSs do manto de alteração se mostram baixos na maioria dos poços, demonstrando, assim como o caso do pH, que esses poços devem estar captando de aquíferos livres.

Quadro 8 - Dados de pH, condutividade e TDS do SAEC (Aquífero Fraturado).

SAEC - AQUÍFERO FRATURADO		
pH	CONDUTIVIDADE (μS/cm)	TDS (mg/L)
6,300	224,000	107,000
6,430	256,000	
6,500	72,000	
7,100	272,000	
7,200		
7,210		
7,770		
MÉDIA pH	MÉDIA CONDUTIVIDADE (μS/cm)	—
6,93	206,00	—

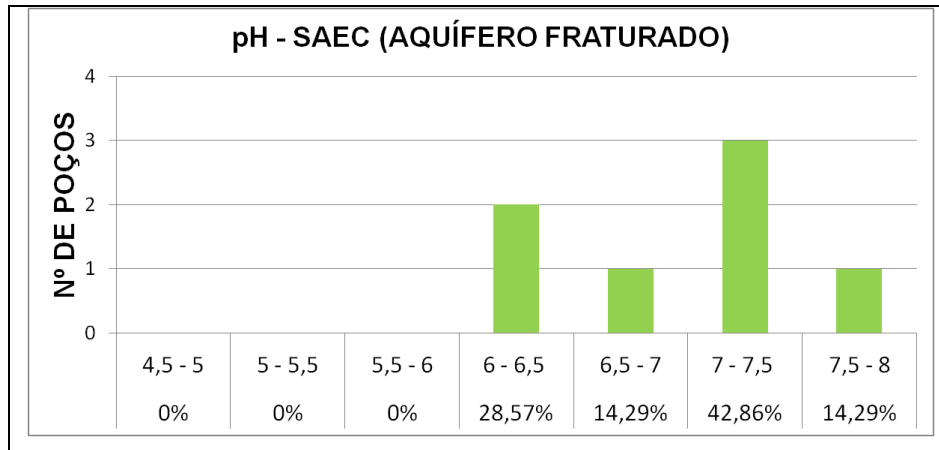


Figura 63 - Gráfico de pH do SAEC (aquífero fraturado).

O gráfico da figura 63 mostra que os poços que captam água do aquífero fraturado apresentam uma tendência de pH mais elevado (57,15% com pH entre 7 e 8). Isso provavelmente está relacionado ao maior grau de confinamentos desses aquíferos, que propiciam águas mais alcalinas.

Dos quatro poços com dados de condutividade do aquífero fraturado relacionado ao SAEC, três apresentam valores elevados (entre 300 e 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Esses valores estão dentro do esperado para aquíferos confinados. Um poço mostrou concentração de 72mg/L, neste caso deve estar havendo mistura de águas de aquíferos livres ou então as entradas de água (fraturas interceptadas pelo poço) estão localizadas próximas a superfície, dando origem a águas com baixas condutividade e concentração de elementos elevadas.

No aquífero fraturado só foi identificado um poço com TDS 107, mg/L. Esse valor é um pouco abaixo do esperado para aquíferos confinados, portanto pode ser que nesse poço esteja ocorrendo mistura de águas de aquíferos livres, mais rasos. Isso pode estar relacionado a algum problema construtivo do poço ou a fraturas com entradas d'água com recarga muito próxima ao aquífero livre.

4.3.2.2. CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

O quadro 9 mostra os dados de cinco poços que foram utilizados para a elaboração dos diagramas de Piper, Schoeller e Stiff para o SAEC.

Quadro 9 - Dados utilizados para elaboração dos diagramas (SAEC).

Nº	POÇO	UTM E	UTM N	Sistema Aquifero	Tipo de aquifero	Na (mg/L)	K (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cl (mg/L)	CO3 (mg/L)	HCO (mg/L)	SO4 (mg/L)	Alcalinidade (mg/L)
1	HG68	463104	6669009	SAEC	Fraturado	26,00	3,00	27,68	8,07	7,33	0,00	169,65	6,66	139,00
2	HG63	462729	6667767	SAEC	Misto	19,00	3,00	5,62	2,72	10,26	0,00	52,78	3,39	43,30
3	HG89	469600	6665498	SAEC	Fraturado	38,50	0,00	21,88	2,00	33,43	0,00	88,67	13,56	72,74
4	HG72	446226	6653955	SAEC	Fraturado	7,90	3,40	3,90	1,50	4,00	0,00	26,00	2,10	21,00
5	HG69	451422	6665955	SAEC	Fraturado	33,00	0,00	31,71	4,95	9,06	0,00	167,52	10,78	137,43

Analisando o diagrama de Piper (fig. 64) observa-se que as águas subterrâneas do Sistema Aquífero Cristalino podem ser bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas (bicarbonatadas mistas) e bicarbonatadas sódicas. A ocorrência desses dois tipos de águas está associado ao fato que nesse sistema aquífero os poços podem captar água somente das fraturas (aquíferos fraturados), bem como das fraturas e manto de alteração (aquíferos mistos) ou só do manto de alteração. Em função disso, há a formação de diferentes aquíferos (livres e confinados) bem como de diferentes padrões de circulação e graus de confinamento da água. Em geral, as águas bicarbonatadas sódicas são mais comuns em aquíferos mistos, embora tenha ocorrência de aquíferos fraturados. A existência de águas bicarbonatadas sódicas nesse tipo de aquífero tem provável relação com a litologia e com a circulação (grau de confinamento).

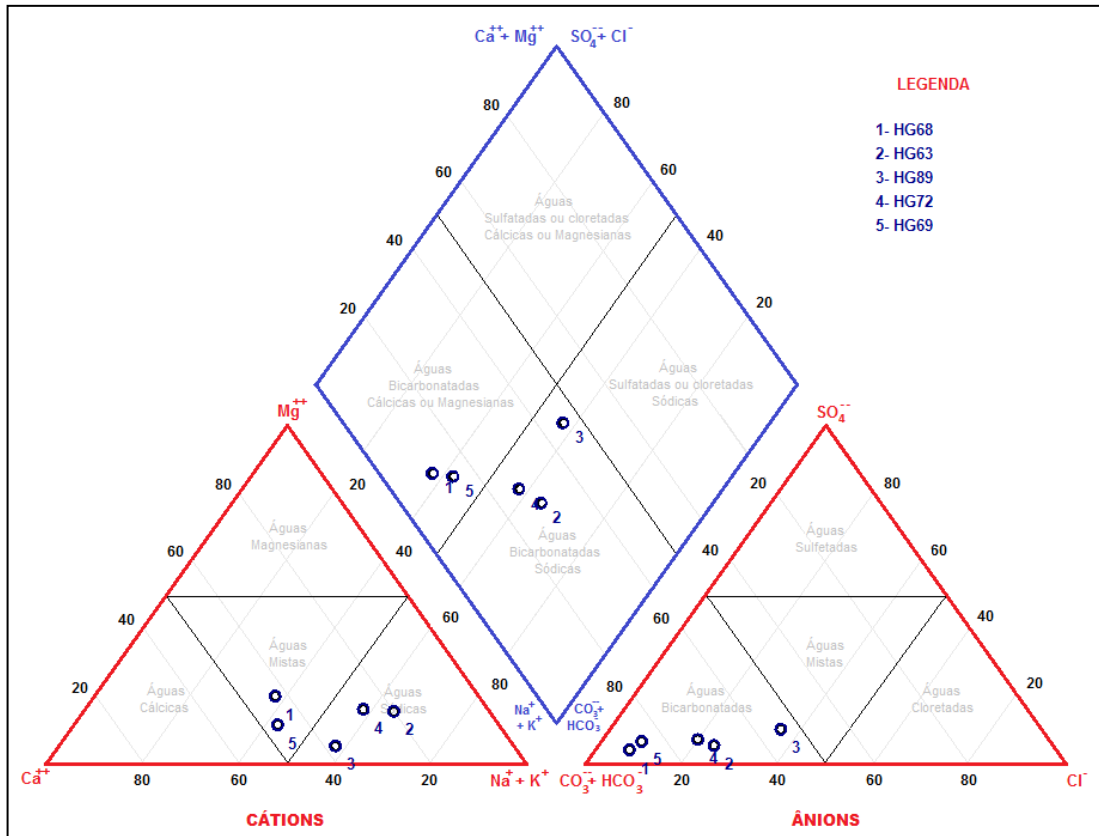


Figura 64 - Diagrama de Piper do SAEC.

Nos diagramas de Scholer e de Stiff (figs. 65 e 66) observa-se que para o Sistema Aquífero Embasamento Cristalino há diferentes grupos de água subterrânea, conforme já foi identificado no diagrama de Piper. No entanto, deve-se destacar que a ocorrência de Na+K é bastante comum, podendo indicar um controle litológico (mineralogia da rocha e das alterações). Além disso, se analisarmos somente as amostras do aquífero fraturado observa-se que há variações. A explicação disso pode estar associada ao fato que cada poço pode captar água de fraturas localizadas em diferentes profundidades. Já no caso dos poços que captam água do manto de alteração e das fraturas (aquíferos mistos), há formação de diferentes grupos, pois nessa situação há misturas de águas que circulam por dois tipos de aquíferos, provocando assim o surgimento de diferentes grupos de águas.

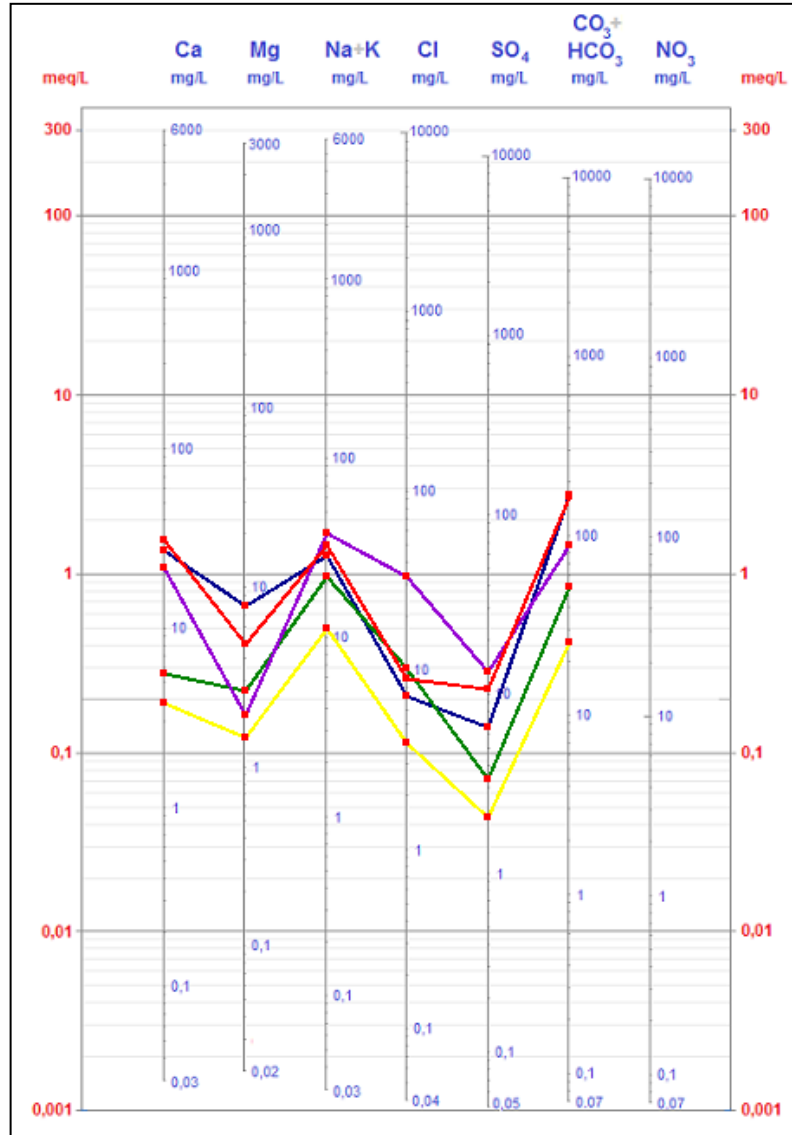


Figura 65 - diagrama de Schoeller do SAEC.

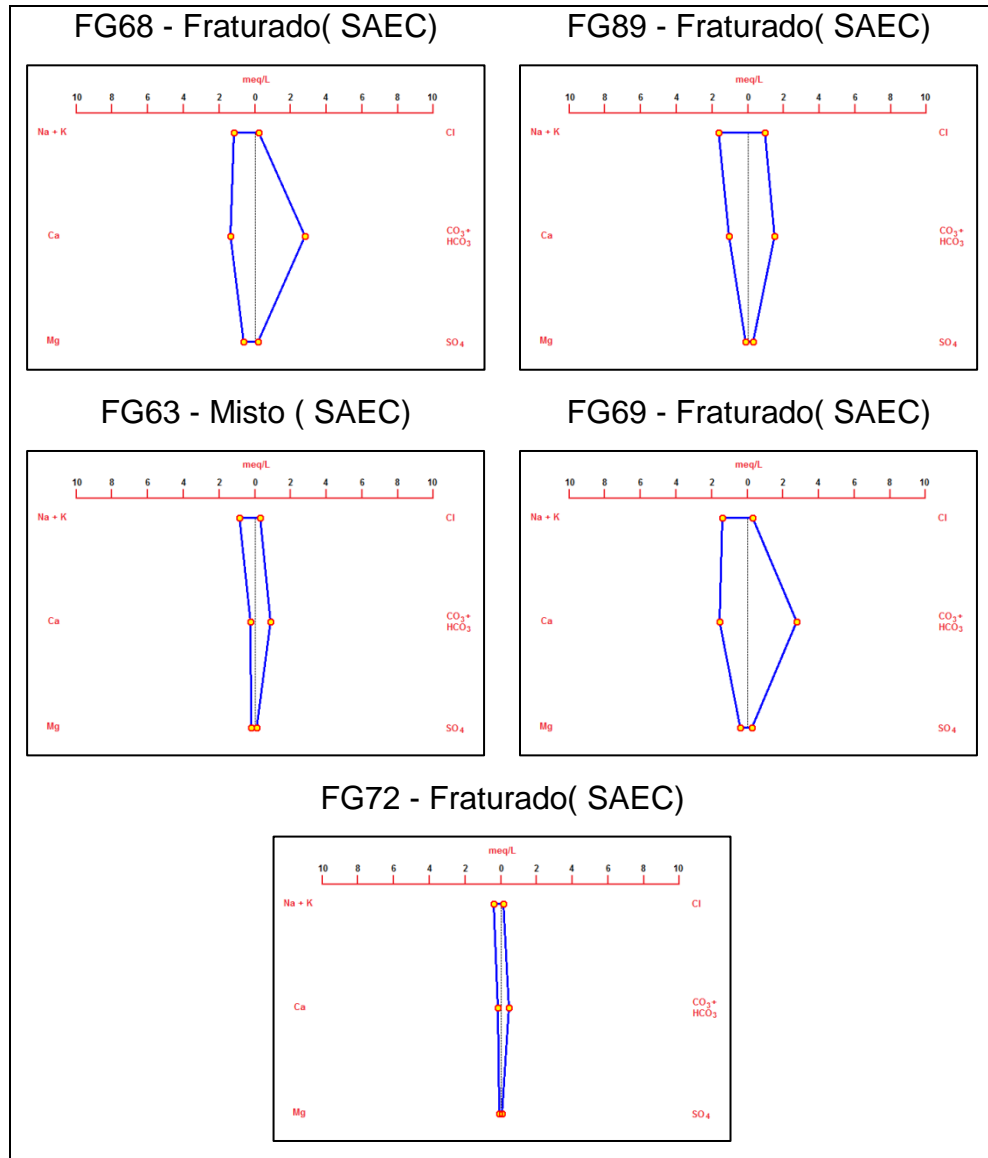


Figura 66 - Diagramas de Stiff do SAEC.

4.3.3. QUALIDADE DAS ÁGUAS

Foram identificados 12 poços que continham dados de Ferro, Manganês, Nitratos e fluoretos. Esses dados estão organizados no quadro 10 e representados graficamente nas figuras 67, 68, 69 e 70 respectivamente.

Quadro 10 - Concentrações de Ferro, Fluoretos Manganês e Nitratos.

Poço	UTM E	UTM N	Aquífero (mg/L)	Ferro (mg/L)	Fluoretos (mg/L)	Manganês (mg/L)	Nitratos (mg/L)
HG68	463104	6669009	fraturado	0.040	2.300	0.010	0.000
HG89	469600	6665498	fraturado	0.160	3.030	0.100	17.100
HG72	446226	6653955	fraturado	1.100	2.700	0.000	4.300
HG69	451422	6665955	fraturado	0.320	4.720	0.260	2.370
HG60	469300	6665150	fraturado	0.000	1.800	0.000	0.260
HG54	464982	6667826	granular	0.000	0.000	0.000	0.000
HG55	464982	6667826	granular	0.000	0.500	0.000	0.010
HG52	469162	6669786	granular	0.700	1.600	0.070	*
HD75	462766	6670030	Misto	0.030	0.890	0.000	0.230
HG63	462729	6667767	Misto	0.260	0.320	0.000	0.400
HG90	465271	6664558	Misto	0.290	2.300	0.176	*
HG83	465500	6667713	Misto	0.000	0.190	0.000	1.300

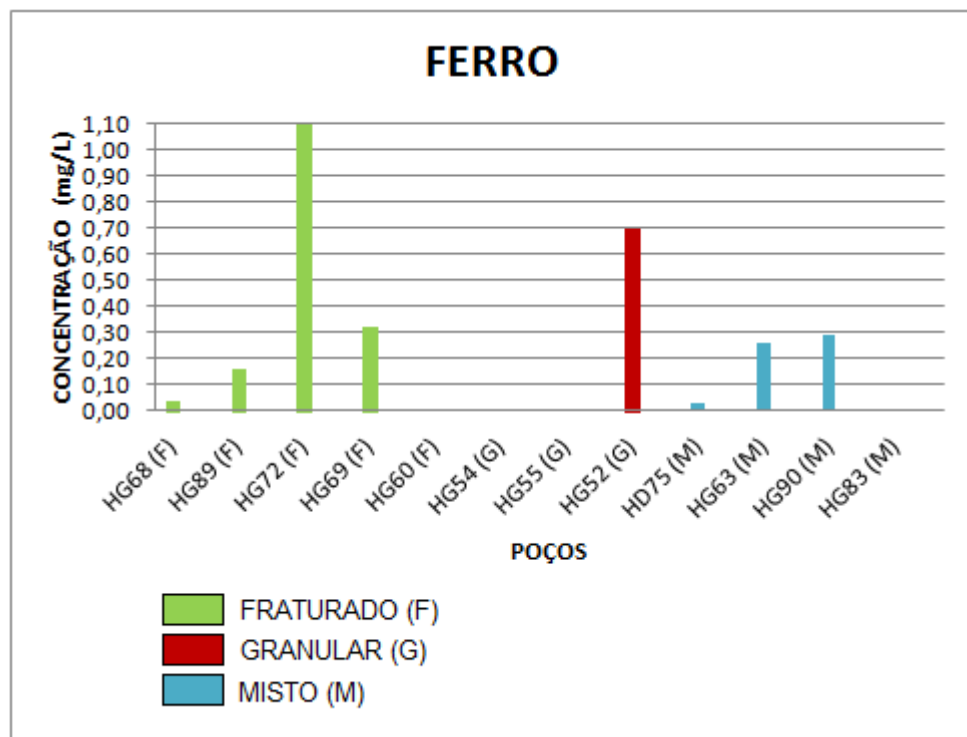


Figura 67 - Gráfico com concentrações de Ferro.

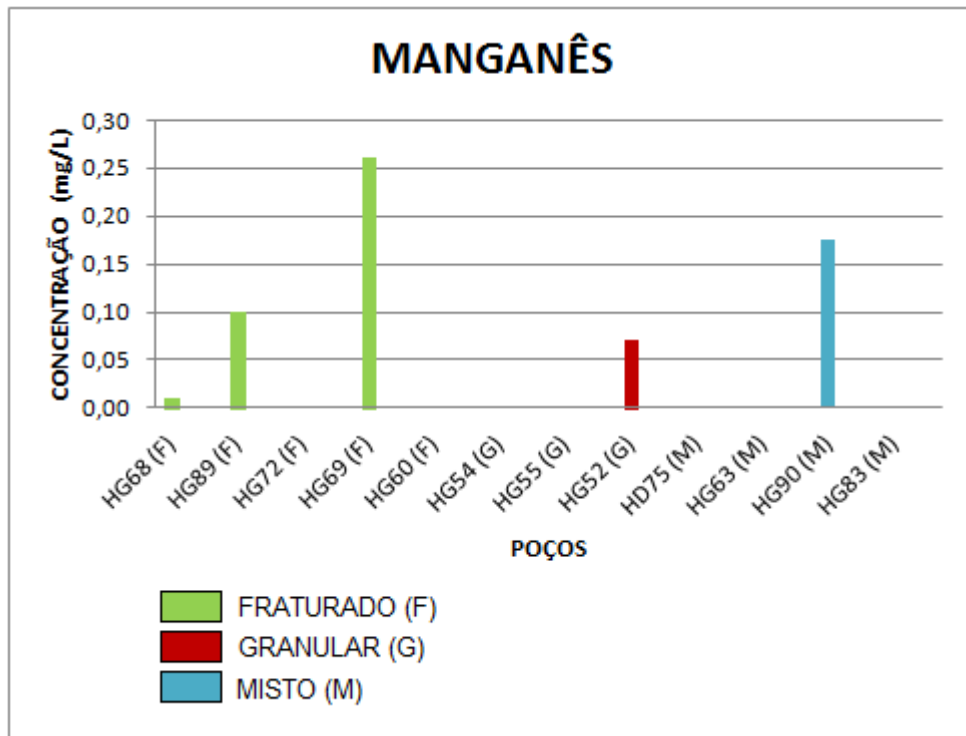


Figura 68 - Gráfico com concentrações de Manganês.

As concentrações de ferro dos poços (fig. 67) variam entre indetectáveis e 1,1 mg/L. A maioria dos poços apresenta, baixa concentrações, no entanto há valores mais elevados em todos os tipos de aquíferos.

O manganês (fig. 68) apresenta concentrações entre indetectável e 0,260 mg/L. Pelos gráficos é possível de ver que poços que alguns tem ferro também tem manganês e que ocorrem nos diferentes tipos de aquíferos.

A ocorrência de ferro e manganês em águas subterrâneas é comum nos aquíferos fraturados associados ao embasamento cristalino, bem como nos aquíferos granulares associados ao manto de alteração ou ao sistema aquífero quaternário costeiro. No caso do sistema aquífero embasamento cristalino a ocorrência desses elementos é condicionada pela presença de óxidos e hidróxidos de ferro e manganês nas litologias, bem como no material de preenchimento das fraturas e como minerais presentes no manto de alteração que se desenvolvem sobre essas rochas. Em função disso, é possível encontrar esses elementos em concentrações variáveis nos diferentes aquíferos.

Segundo a portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, o VMP para Ferro é de 0,3 mg/l, enquanto que para o Manganês é de 0,1mg/l. Analisando os resultados e os limites observa-se que há ocorrência de águas que são impróprias para consumo humano, pois os valores de ferro e manganês excedem os VMPs.

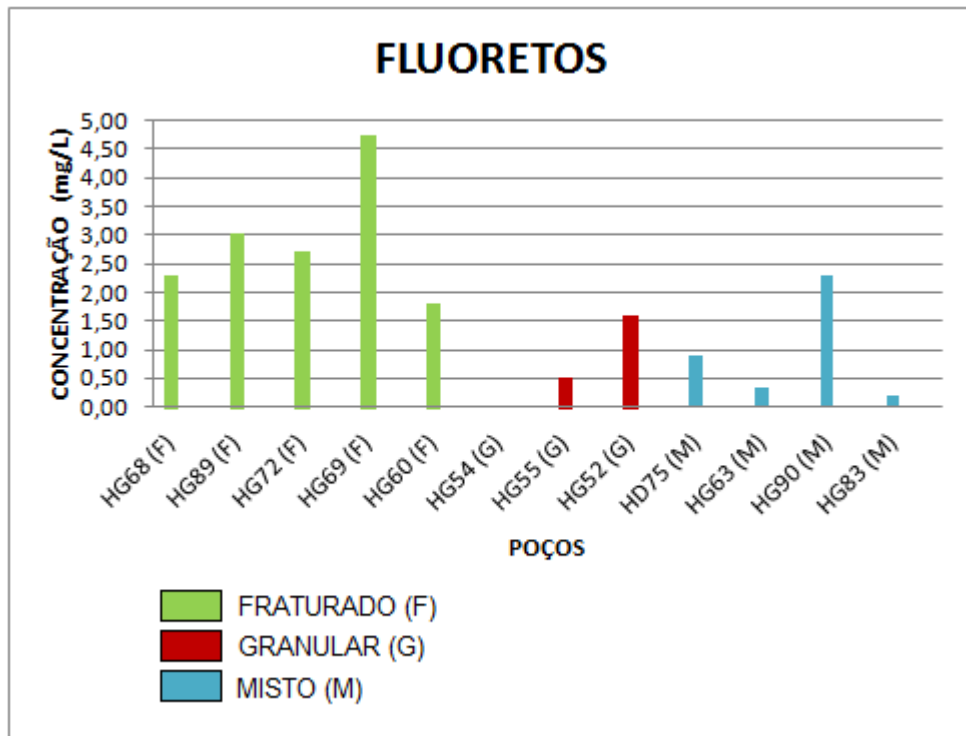


Figura 69 - Gráfico com concentrações de Fluoretos.

Quanto aos níveis de fluoretos (fig. 69), observa-se um expressivo aumento da concentração em aquíferos fraturados. Também há concentrações consideráveis em alguns poços mistos e em aquíferos granulares.

Em aquíferos fraturados em rochas graníticas é comum teores elevados de fluoretos, devido à minerais fluoretados presentes nas rochas e nas fraturas. Em aquíferos granulares podem ocorrer concentrações elevadas se houver zonas de recarga associadas ao aquífero fraturado.

O VMP para o Fluoreto, estabelecido pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, é de 1,5 mg/l. Dessa forma observa-se que a maioria dos poços apresentam águas impróprias para o consumo Humano.

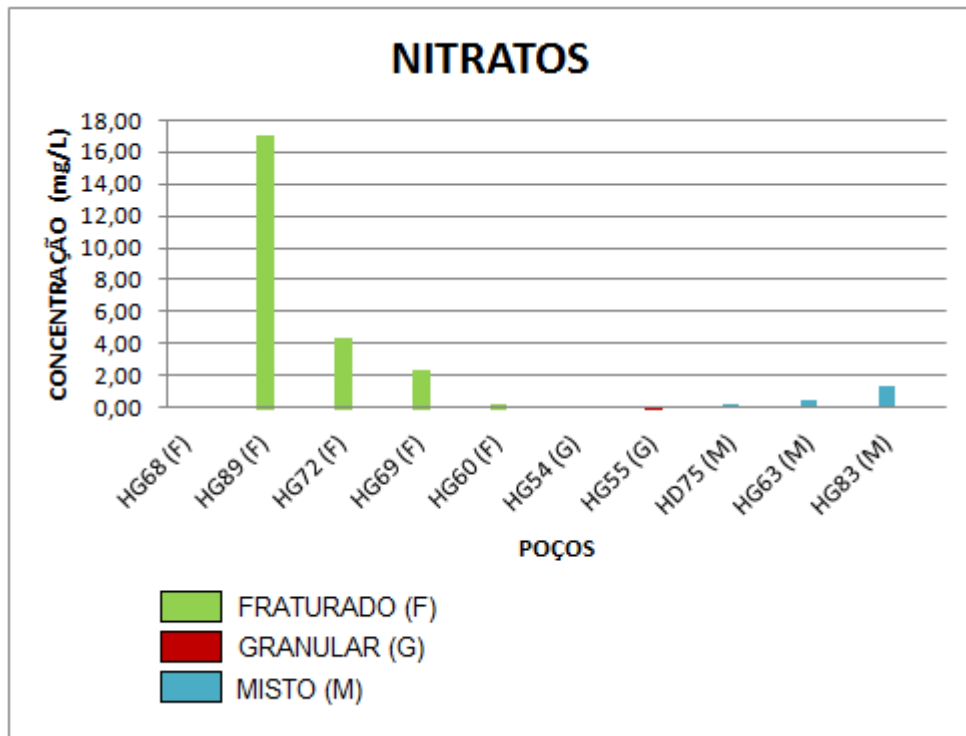


Figura 70 - Gráfico com concentrações de Nitratos.

A maioria dos poços apresentam concentrações indetectáveis a baixas de Nitratos (fig. 70). Os teores mais elevados em poços de aquíferos fraturados podem indicar algum tipo de contaminação orgânica decorrente de problemas construtivos do poço ou contaminação das zonas de recarga. Apenas um poço (HG89) apresenta o VMP acima do estabelecido pela portaria 2914/2011, que é de 10mg/L.

5. CONCLUSÕES

No levantamento de campo foi constatado que as principais formas de captação da água subterrânea são poços tubulares e poços ponteira sendo que o uso da água se destina principalmente ao abastecimento doméstico. Também foi identificado outros usos voltados para atividades industriais, atividades rurais e em postos de combustível para a lavagem de veículos.

A caracterização geológica e estrutural mostrou que as rochas do Embasamento Cristalino na região de Guaíba são representadas principalmente por granitos de cor rosada com granulometria média a grossa e com quantidades variadas de biotita. Essas rochas apresentam fraturas muito fechadas ou preenchidas por veios de quartzo. Dessa forma não foram verificadas boas

condições para a circulação de águas nos sistemas de fraturas da região. Os sedimentos do manto de alteração possuem predominantemente granulometria fina (argilas e siltes), porém no perfil geológico de alguns poços são descritas camadas arenosas, que podem possibilitar a formação de aquíferos granulares, contribuindo na produtividade de poços mistos.

Na análise estrutural foi constatado que os lineamentos da região pertencem a dois grupos distintos: um com orientação NE e outro NW. As fraturas medidas em campo, assim como os lineamentos, também apresentam orientações NW e uma menor proporção de orientações NE. Os comprimentos dos lineamentos mostram um predomínio de valores entre 250 a 500 m (42,31%) e proporções semelhantes de comprimentos entre 500 e 750 m e inferiores a 250 m, com percentuais de 19,23% e 21,98%, respectivamente. Comprimentos superiores a 1000 m representam 9,89% dos lineamentos traçados. A pequena quantidade de poços localizados na zona onde se encontram os lineamentos não permitiu correlacionar a produtividade com as estruturas.

De forma geral, foi verificado que o SAEC apresenta baixo potencial para exploração. Quando são analisados poços mistos há um aumento significativo na produtividade, porém sem a capacidade de suprir grandes demandas, com vazões que não ultrapassam os 10 m³/h.

Na área pertencente a planície costeira (SAQC) foi constatado que ocorrem predominantemente sedimentos finos, intercalados com algumas camadas arenosas. Em alguns locais, no entanto ocorrem pacotes arenosos espessos com um bom potencial para o armazenamento de água.

A análise de dados hidrodinâmicos do SAQC mostrou que há locais com boas vazões (até 51 m³/h). Essas produtividades estão associadas a pacotes arenosos com maior espessura (da ordem de 15 m).

Para os dois sistemas aquíferos da área de estudo (SAEC e SAQC) há a ocorrência de águas bicarbonatadas sódicas e bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas. Isso indica que para esses dois sistemas há condicionantes geológicas que propiciam a ocorrência de diferentes graus de confinamento das águas, gerando diferentes graus de mineralização e conseqüentemente diferentes tipos de água. O comportamento do pH, TDS e Condutividade também expressam possíveis variações nas condições de circulação da água, mostrando uma grande

variação, porém com um predomínio de características de águas pouco mineralizadas.

Quanto a qualidade das águas, foi constatado nos aquíferos da região a ocorrência de concentrações de Ferro e Manganês, Fluoretos e Nitrato, acima dos valores máximos permitidos (VMP) para consumo humano. Esse fato se torna um complicador ao se destinar a água ao abastecimento de residências.

Deve-se salientar que os resultados da caracterização hidroquímica e da qualidade das águas são preliminares e estão embasados num número reduzido de amostras, portanto para uma avaliação mais detalhada dos diferentes tipos de águas que circulam pelos diferentes sistemas aquíferos faz-se necessário trabalhar com um número maior de amostras que devem ser coletadas de poços que possuam um maior controle com relação as profundidades de entradas de água e das seções filtrantes, bem como da geologia.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Saúde. (2011). Portaria MS nº 2.914/2011. Brasília. p.34.

Disponível em:

<http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html>

Acesso em 5 nov. 2015.

CORSAN, Sistema de Controle Operacional, SCO. Dados fornecidos em 12/5/2015.

CPRM. Serviço Geológico Brasileiro. (2005). Mapa Geológico Integrado – Plano Diretor de Mineração da Região Metropolitana de Porto Alegre. Porto Alegre, Ministério das Minhas e Energia. Escala 1:250.000.

Freitas, M. A.; Machado, J. L. F.; Trainini, D. R. Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul. 2005.

HIDROGEO Perfurações. (2014). Relatórios Técnicos de Perfuração e Construção de Poços Tubulares na cidade de Guaíba (RS).

MOBUS, G. QUALIGRAF – Programa para análise da qualidade da água. Fortaleza, FUNCENE – Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Software-CD. 2002.

Philipp, R. P. ; Machado, R. . Suítes Graníticas do Batólito Pelotas no Rio Grande do Sul: petrografia, tectônica e aspectos petrológicos. Revista Brasileira de Geociências, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 257-268, 2001.

SISTEMA DE INFORMAÇÕES DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – SIAGAS. Fichas de poços tubulares (2015). Disponível em

<http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php> . Acesso em: 9 jun. 2015.

Villwock, J. A. ; Tomazelli, L. J. . Planície costeira do Rio Grande do Sul: gênese e paisagem atual. In: Fernando Gertum Becker; Ricardo Aranha Ramos; Luciano de Azevedo Moura. (Org.). Biodiversidade: Regiões da Lagoa do Casmanto e dos Butiazais de Tapes, Planície Costeira do Rio Grande do Sul. Brasília: Ministério do Meio Ambiente - MMA/SBF, 2007, v. 1, p. 20-33.

7. APÊNDICES

APÊNDICE A – ATITUDES DAS FRATURAS MEDIDAS EM CAMPO

Direção	mergulho
189	20
025	20
312	85
320	90
310	80
349	35
090	88
195	80
092	85
267	82
065	87
136	75
318	76
198	79
010	78
128	80
162	79
347	78
075	85
150	86
239	80
120	82
168	83
240	81
300	80
359	79
028	52
025	76
019	79
328	72
319	60
330	58
033	80
327	73

Direção	mergulho
338	80
342	65
297	80
029	subvertical
150	subvertical
156	65
151	?
140	?
348	83
320	50
142	subvertical
002	subvertical
129	subvertical
011	subvertical
120	subvertical
183	subvertical
028	subvertical
002	subvertical
088	subvertical
357	85
170	subvertical
124	subvertical
070	subvertical
131	subvertical
162	subvertical
165	subvertical
030	subvertical
140	subvertical
148	subvertical
152	subvertical
157	subvertical
180	subvertical
165	69
105	80

Direção	mergulho
336	68
009	82
010	87
327	60
305	81
257	85
258	83
325	subvertical
342	subvertical
230	subvertical
255	subvertical
330	subvertical
018	80
008	90
325	89
198	87
150	65
235	55
328	62
095	79
053	77
002	59
353	81
300	65
108	71
089	72
160	subvertical
130	subvertical
062	40
060	80
168	subvertical
152	subvertical
334	70

APÊNDICE B - ORIENTAÇÕES E COMPRIMENTOS DOS LINEAMENTOS

AZIMUTE	COMPRIMENTO
0	404
2	320
2	407
3	764
3	212
3	216
3	472
4	421
5	448
7	770
10	305
10	179
10	663
11	934
12	539
13	482
13	229
14	307
16	595
16	282
19	883
19	1096
19	181
19	1095
20	363
20	2622
20	80
20	473
21	1047
21	373
21	1212
21	281
22	1054
23	798
24	337
24	286
24	723
24	249
24	294
25	733
25	801
27	967
28	414
28	239
28	205
28	170
29	423
29	488
29	328
30	439
31	304
32	495
32	66
33	288
34	328
35	397
35	264
35	146
36	620
36	832

AZIMUTE	COMPRIMENTO
36	297
37	380
37	168
39	934
39	1500
39	611
39	130
39	711
40	339
40	155
40	659
40	427
40	453
41	371
41	142
42	538
42	842
42	668
42	97
43	249
44	164
45	560
45	268
46	348
46	267
46	148
47	496
47	263
47	123
48	456
48	450
48	449
49	486
49	560
49	524
49	585
50	256
50	594
51	302
51	332
54	476
54	330
55	1212
55	309
55	793
57	248
57	249
59	1026
60	146
60	297
61	588
62	879
63	361
63	466
63	541
63	585
64	263
64	555
65	605
66	753

AZIMUTE	COMPRIMENTO
66	255
67	277
67	261
69	188
70	242
71	724
72	565
72	288
72	507
72	211
72	255
74	558
77	548
77	203
78	693
79	132
80	512
80	464
82	766
83	182
84	355
85	1920
85	529
86	485
86	295
86	329
87	135
88	392
89	217
89	175
89	315
90	286
90	1661
90	1091
90	429
90	480
91	157
91	979
92	123
92	684
93	293
95	559
97	801
98	199
98	282
99	318
100	259
102	420
102	177
102	376
105	975
106	179
108	306
109	362
112	164
112	214
113	294
115	357
117	746
117	723

AZIMUTE	COMPRIMENTO
117	875
118	372
119	297
120	464
120	411
121	444
121	275
122	159
122	370
122	241
123	221
123	524
124	246
124	262
125	747
125	1476
125	240
125	130
126	760
127	408
127	57
127	483
128	405
128	723
129	236
129	456
130	317
131	437
132	272
132	276
133	1230
134	324
134	242
135	44
135	462
135	409
135	304
135	689
136	478
137	575
137	443
138	558
138	610
138	657
138	312
139	487
139	363
140	391
140	614
140	1003
140	566
141	996
141	234
141	164
141	521
142	220
143	223
143	271
143	157
144	302

AZIMUTE	COMPRIMENTO
144	446
144	240
144	495
145	191
146	441
147	2976
147	1003
147	397
147	214
148	703
148	476
148	368
149	497
149	410
149	398
149	377
149	218
150	361
150	157
153	427
153	382
153	393
153	157
154	490
154	246
154	1931
154	312
154	590
155	920
156	1106
156	616
157	700
157	407
157	133
157	591
158	337
159	296
159	926
159	399
160	1252
160	285
160	966
161	604
161	851
162	558
162	214
163	659
163	537
164	743
164	224
165	610
166	722
166	803
167	532
168	395
170	453
170	616
172	241
172	538
173	591

AZIMUTE	COMPRIMENTO
175	577
175	269
176	314
176	328
177	924
177	728
177	441
178	782
178	1489
179	811
179	207
180	590
180	684
182	964
187	573
187	840
190	659
191	490
192	234
196	769
199	753
199	277
200	539
207	469
208	514
211	151
216	1431
217	142
224	875
230	269
233	289
235	645
238	530
239	376
248	1026
253	222
271	335
288	169
301	188
313	263
313	80
315	40
316	499
316	254
319	174
326	180
329	759
329	207
333	997
334	302
340	227
340	290
341	479
341	372
351	285
352	331
353	447
353	447
354	291
357	301
357	152
358	893
358	1101
359	332

8. ANEXOS

Os Anexos utilizados neste trabalho encontram-se gravados em CD no formato PDF.

ANEXO A - ANÁLISES QUÍMICAS UTILIZADAS

ANEXO B - PLANILHA DE DADOS DO SIAGAS

ANEXO C - RELATÓRIOS DE SONDAGEM A PERCUSSÃO