UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MODELO HIDROGEOQUÍMICO DO AQÜÍFERO ADAMANTINA EM URÂNIA - SP

ANGÉLICA SOUZA GUTIERREZ

Orientador: Prof. Dr. Ricardo César Aoki Hirata

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T3753
U. S. P.

COMISSÃO JULGADORA

	Nome	Assinatura
Presidente:	Prof. Dr. Ricardo César Aoki Hirta	
Examinadores:	Profa. Dra. Maria Cristina Motta de Toledo	
	Dr. Reginaldo Antonio Bertolo	

SÃO PAULO
2003

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

MODELO HIDROGEOQUÍMICO DO AQÜÍFERO ADAMANTINA EM URÂNIA - SP

Angélica Souza Gutierrez

Instituto de Geociências
BIBLIOTECA
T 3753
U. S. P.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo César Aoki Hirata

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia

DEDALUS - Acervo - IGC
30900012037

SÃO PAULO
2003

Aos meus pais.

SUMÁRIO

SUMÁRIO I
AGRADECIMENTOS III
LISTA DE FIGURAS V
LISTA DE TABELAS VII
LISTA DE ANEXOS VIII
LISTA DE ANEXOS VIII
RESUMO IX
ABSTRACT X
1.INTRODUÇÃO 1
2.OBJETIVO 2
3.CARACTERÍSTICA DA ÁREA DE ESTUDO 3
3.1. LOCALIZAÇÃO 3
3.2. ASPECTOS FISIOGRÁFICOS 3
3.3. ASPECTOS SÓCIO-ECONÔMICOS 5
3.4. GEOLOGIA 6
3.4.1. Geologia da cidade de Urânia *8*
3.5. HIDROGEOLOGIA 9
3.6. HIDROQUÍMICA 13
4.INTERAÇÃO ROCHA-ÁGUA 15
4.1. INTEMPERISMO QUÍMICO E QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA 15
4.1.1. Intemperismo de minerais silicáticos *16*
4.1.2. Intemperismo de minerais carbonáticos *19*
4.2. ADSORÇÃO E TROCA CATIÔNICA 20
5.MODELOS HIDROGEOQUÍMICOS 23
6.MATERIAIS E MÉTODOS 26
6.1. CADASTRO DE POÇOS 26
6.2. HIDRÁULICA 28
6.3. COLETA E ANÁLISE DE AMOSTRAS DE SEDIMENTOS 28
6.3.1. Coleta de amostras de sedimentos *28*
6.3.2. Estudos petrográficos *29*
6.3.3. Análise granulométrica *29*
6.3.4. Análise mineralógica por difração de raio-X *31*

6.3.5. Análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV) *32*
6.3.6. Análise química por ICP/AES-Plasma *32*
6.3.7. Capacidade de troca de cátions e pH do solo *33*
6.4. COLETA E ANÁLISES QUÍMICAS DE AMOSTRAS DE ÁGUA SUBTERRÂNEA ... 35
6.4.1. Programa de Amostragem *35*
6.4.2. Coletas de Água *35*
6.4.3. Análise da Água *37*
6.5. PROCESSAMENTO E SELEÇÃO DOS DADOS 39
7.RESULTADOS 40
7.1. MODELO HIDRÁULICO CONCEITUAL 40
7.2. CARACTERIZAÇÃO DA FASE SÓLIDA 43
7.2.1. Descrição macroscópica e microscópica da petrográfia *43*
7.2.2. Análise granulométrica *44*
7.2.3. Análise mineralógica por difração de raio-X *44*
7.2.4. Análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) *48*
7.2.5. Análise química por ICP/AES - Plasma *50*
7.2.6. Análise de capacidade de troca catiônica, pH e matéria orgânic *54*
7.3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA 61
7.3.1. Resultados das análises físico-químicas *62*
7.3.2. Classificação hidrogeoquímica *64*
7.3.3. Variações da composição química com a profundidade *66*
7.3.4. Amostragem em diferentes tempos de bombeamento e estratificada *73*
7.4. INTERAÇÃO ÁGUA - FASE SÓLIDA 77
7.4.1. Diagramas de estabilidade *77*
7.4.2. Cálculo dos índices de saturação *82*
7.5. MODELO CONCEITUAL HIDROGEOQUÍMICO 84
8.CONCLUSÕES 90
9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 92

AGRADECIMENTOS

A elaboração desta dissertação de mestrado contou com a participação de várias pessoas e instituições, sem as quais a sua realização não seria possível. Desta forma, registro os meus agradecimentos:

Ao Prof. Dr. Ricardo César Aoki Hirata, pelo oferecimento desta oportunidade que sem dúvida foi de grande importância para o meu amadurecimento profissional, orientação, discussão, paciência, apoio e confiança ao longo desse tempo.

Ao Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, em especial aos Departamentos de Geologia Sedimentar e Ambiental (GSA), de Mineralogia e Geotectônica (GMG) e do Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas (CEPAS) pelo uso de seus equipamentos e infra-estrutura.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo auxílio financeiro à pesquisa (processos 97/13879-6 e 00/10345-5) e concessão da bolsa de estudo (processo 99/12473-1).

À Companhia de Saneamento Básico de São Paulo (SABESP), em especial ao Sérgio Donizete Giovanini pelo suporte ao longo dos trabalhos de campo em Urânia.

Aos funcionários do IGc-USP: Ana Paula Cabanal e Magali P. F. Rizzo, Lúcia Helena da Silva, Sandra Andrade, Flávio M. S. de Carvalho, Isaac, Elaine, Miltonete Soares de Araújo e Mauro Marcos Lopes.

Ao Prof. Dr. Chang Hung Kiang (Universidade Estadual de São Paulo – Rio Claro), Jesse Stimson (Universidade de Waterloo – Canadá), Ondrej Sracek (Universidade de Laval – Canadá) e Lucy Sant'Anna, pelas sugestões.

Aos meus amigos do laboratório de Modelos Físicos Marta Almodovar pela companhia nos trabalhos de campo e Reginaldo Antônio Bertolo por toda a ajuda ao longo da realização deste trabalho. Aos demais colegas, Claudia Varnier, Alessandro Cesarino (Gummy), Luiz Carlos Ferrari (Louis), Jeane Gláucia Santos Penoff (Manah), Fabíola Rossato (Joleveta), Fabiana Cagnon, Marcos Mondi (Zeca), Alexandra Suhogusoff, Liliana Oltavaro, Cristiano Chiessi, pelo

companheirismo, carinho, discussões, apoio, galhos quebrados, revisões, enfim pela agradável convivência ao longo desses anos.

Ao meu noivo e futuro marido Carlos Alberto Cutrim, por toda a ajuda e paciência na elaboração desta dissertação.

Aos meus pais Cicinha e André pelo carinho e confiança, irmão André pelo apoio, avós André e Lola e tios Margarida e Plínio.

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1.: Localização da cidade de Urânia. 04
Figura 3.2.: Potenciometria da cidade de Urânia e arredores (Rossato, 1999) 11
Figura 3.3.: Potenciometria da cidade de Urânia e arredores com a operação dos poços profundos da SABESP (Rossato, 1999) 12
Figura 4.1: Seqüência de intemperismo mineral de Goldich (Appelo & Postma, 1993) 16
Figura 6.1: Mapa da cidade de Urânia com a localização poços cadastrados, coletados e pontos de coleta de sedimento. 27
Figura 7.1: Mapa potenciométrico. 41
Figura 7.2: Perfil esquemático de fluxo. 42
Figura 7.3: Gráfico de barras e curva acumulada da análise granulométrica. 44
Figura 7.4.: Difratograma de minerais pesados da amostra EXP 56. 46
Figura 7.5.: Difratograma de minerais magnéticos da amostra EXP 44-48. 47
Figura 7.6.: Difratograma da amostra EXP 32 nas formas natural, glicolada e aquecida. 47
Figura 7.7.: Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e EDS correspondentes. 49
Figura 7.8.: Variação da composição química do perfil EXP com a profundidade.. 51
Figura 7.9.: Variação da composição química do perfil ESC com a profundidade.. 52
Figura 7.10.: Resultado da análise de CTC na perfuração EXP. 56
Figura 7.11.: Resultado da análise de CTC na perfuração ESC. 57
Figura 7.12.: Relação entre íons adsorvidos e CTC na perfuração EXP. 59
Figura 7.13.: Relação entre íons adsorvidos e CTC na perfuração ESC. 60
Figura 7.14.: Diagrama de classificação de Piper. 65
Figura 7.15.: Perfis de isoconcentração para cálcio, sódio, potássio e magnésio (mg/L). 67
Figura 7.16.: Perfis de isoconcentração para bicarbonato, nitrato, cloreto e sílica (mg/L). 68
Figura 7.17.: Perfis de isoconcentração para pH, condutividade elétrica e Eh. 69

Figura 7.18.: Gráficos das coletas em diferentes tempos de bombeamento para o PP-2.....74
Figura 7.19.: Gráficos das coletas em diferentes tempos de bombeamento para o PP-4.....75
Figura 7.20.: Coleta estratificada nos poços PP-1, 6 e 8 em junho de 1999. 76
Figura 7.21.: Diagrama de estabilidade K_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O a 25°C.....79
Figura 7.22.: Diagrama de estabilidade Na_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O a 25°C.....80
Figura 7.23.: Diagrama de estabilidade CaO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O a 25°C.....81
Figura 7.24.: Perfis de índices de saturação para o quartzo, calcita e dolomita. 83
Figura 7.25.: Perfil da taxa de dispersão do cloreto, nitrato e sódio. 86

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1.: Reações de intemperismo para alguns minerais silicáticos (Drever, 1988 e Appelo & Postma, 1993) 17
Tabela 4.2.: Medidas de capacidade de troca de cátions de alguns materiais normalmente encontrados no meio ambiente (Appelo & Postma, 1993) 22
Tabela 7.1.: Resultados das análises de difração de raio-X nas amostras de fração total das perfurações EXP e ESC 45
Tabela 7.2.: Matriz de correlação da análise química da perfuração EXP 53
Tabela 7.3.: Matriz de correlação da análise química da perfuração ESC. 54
Tabela 7.4.: Matriz de correlação da análise de capacidade de troca de cátions para a perfuração EXP. 58
Tabela 7.5.: Matriz de correlação da análise de capacidade de troca de cátions para a perfuração ESC. 61
Tabela 7.6.: Correlação de Pearson da Zona Rasa 71
Tabela 7.7.: Correlação de Pearson da Zona Intermediária 72
Tabela 7.8.: Correlação de Pearson da Zona Profunda 72
Tabela 7.9.: Resultados do cálculo de troca de base (icb) 88
Tabela 7.10.: Resumo dos processos identificados nos três diferentes tipos de zonas identificadas. 89

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 – Cadastro dos poços e medição de nível d'água 96
Anexo 2 – Resultados analíticos dos sedimentos 102
Anexo 3 – Resultados analíticos da água subterrânea 130
Anexo 4 – Análise estatística 142

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é estabelecer a evolução hidrogeoquímica do Aqüífero Adamantina na cidade de Urânia, noroeste do Estado de São Paulo, definindo as relações químicas entre a água subterrânea e a rocha hospedeira desde a zona de recarga até a descarga.

Durante a realização deste trabalho foram coletadas amostras de água em 14 poços cacimbas (PC), 10 poços tubulares particulares (PT) e 7 poços profundos da SABESP (PP), distribuídos na área de estudo, por um período de três anos, para análises físico-químicas de metais, pH, Eh, condutividade elétrica e alcalinidade. Sedimentos da Formação Adamantina de dois poços tubulares também foram amostrados para análise mineralógica (microscopia óptica, difração de raio-X e microscopia eletrônica de varredura), granulométrica (peneiramento e pipetagem) e química (ICP/AES-Plasma). Os resultados obtidos indicaram que a água subterrânea encontra-se em contato com sedimentos arenosos compostos principalmente por quartzo, feldspato (K-feldspato, albita e anortita), anfibólio e piroxênios cálcicos magnesianos, granada, calcita, goetita, hematita, montmorilonita cálcica e caulinita. Quimicamente o sedimento é composto por SiO2 (76% a 78% da massa), seguido pelo ferro e alumínio (4% a 10%), CaO (3,4%), MgO (1,5%), K2O (1%) e Na2O (0,3%).

As águas subterrâneas do Aqüífero Adamantina na área de estudo foram divididas em três zonas hidroquímicas dominantes. A zona rasa e de recarga (profundidades de 2,0 a 16,0 m) é caracterizada por águas cloretadas sódicas devido à presença de contaminação por fossas sépticas e negras, vazamentos da rede de esgoto e/ou fertilizantes nitrogenados. Na zona intermediária (profundidades de 8,0 a 100,0 m) predominam águas bicarbonatada cálcica, causada pela dissolução de minerais carbonáticos e aluminossilicáticos, porém ainda observa-se influência da contaminação. A zona profunda (profundidade de 60,0 a 160,0 m) e de descarga é caracterizada por água bicarbonatadas cálcicas, porém foi observada a presença de sódio em poços próximos à zona de descarga, indicando uma possível troca deste cátion com o cálcio.

ABSTRACT

The objective of this study is that of establishing the hydrogeochemical evolution of the Adamantina Aquifer in the city of Urânia, located in the northwest of the state of São Paulo, defining chemical relationships between groundwater and the rock holding this water, from the recharge zone to the discharge zone.

During this work, water samples were collected over a period of three years from 14 hand-dug wells (PC), 10 private deep groundwater wells (PT) and 7 SABESP deep groundwater wells (PP), distributed throughout the area under study, with a view to conducting physical-chemical analyses of metals, pH, Eh, electrical conductivity and alkalinity. Adamantina Formation sediments in two of the deep groundwater wells were also sampled for mineralogical analysis (optical microscope, X-ray diffraction and scanning electron microscope), granulometric analysis (sieving and pipeting) and chemical analysis (ICP/AES-Plasma). The results obtained showed that groundwater is to be found in contact with sandy sediments principally composed of quartz, feldspar (K-feldspar, albite and anortite), calcium-magnesium amphibole and pyroxenes, garnet, calcite, goethite, hematite, calcium montmorilonite and caulinite. In chemical terms, this sediment is composed of SiO2 (76% to 78% by mass), followed by iron and aluminum (4% to 10%), CaO (3.4%), MgO (1.5%), K2O (1%) and Na2O (0.3%).

The groundwater of the Adamantina Aquifer in the area under study was divided into three predominant hydrochemical zones. The shallow recharge zone (depths ranging from 2.0 to 16.0 m) is characterized by sodium-chloride waters, due to the presence of contamination from septic tanks and cesspits, leaks from the sewage collection network and/or nitrogenated fertilizers. In the intermediate zone (depths ranging from 8.0 to 100.0 m) there is a predominance of calcium-bicarbonate waters, brought about by dissolved carbonate and aluminosilicate minerals, although the influence of contamination can still be seen. The deep discharge zone (depths ranging from 60.0 to 160 m) is characterized by calcium-bicarbonate waters, however, the presence of sodium was detected in wells located close to the discharge zone, indicating the possible exchange of this cation with calcium.

1. INTRODUÇÃO

A área de estudo encontra-se nos domínios do Aqüífero Adamantina pertencente ao Sistema Aqüífero Bauru que é um dos mais importantes reservatórios subterrâneos naturais de água no Estado de São Paulo, ocupando uma área de 104.000 km^2, cerca de 40% do território paulista. Os sedimentos presentes neste aqüífero são de idade cretácica com litologia variável, recobrindo discordantemente o basalto da Formação Serra Geral.

Segundo São Paulo (1990), a distribuição dos núcleos urbanos por tipos de mananciais explotados mostra que em média 80% dos municípios dos sistemas públicos de abastecimento na região oeste do Estado são supridos por aqüíferos, sendo predominante o Sistema Bauru.

A despeito de sua grande importância, o Sistema Aqüífero Bauru ainda é pouco estudado. A exceção dos relatórios regionais do DAEE (1974, 1976, 1979) e de outros estudos decorrentes destes trabalhos (Rocha *et al.*, 1982; Campos, 1987, 1993), ainda é bastante restrita a pesquisa sobre a sua hidrogeoquímica, sobretudo para estudos de detalhe.

Desta forma, a presente dissertação apresenta uma pesquisa de caráter local sobre a evolução hidroqueoquímica da água subterrânea, através de sua relação rocha-água, na área do perímetro urbano da cidade de Urânia localizada a noroeste do Estado de São Paulo. Foram realizados estudos sobre as modificações sofridas pela água subterrânea local ao fluir das porções mais rasas do aqüífero até as mais profundas ou de descarga.

A área de estudo desta dissertação foi escolhida a partir da presença de concentrações anômalas de cromo na água subterrânea da cidade de Urânia, que deu origem a um projeto de pesquisa financiado pela FAPESP, no qual o presente trabalho fez parte.

2. OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é a caracterização da evolução hidrogeoquímica do Aqüífero Adamantina, pertencente ao Sistema Aqüífero Bauru, no perímetro urbano da cidade de Urânia localizada no noroeste do Estado de São Paulo.

O objetivo principal desta dissertação foi obtido a partir da realização e integração das seguintes etapas:

- realização de estudo sobre a hidráulica local do Aqüífero Adamantino, para obtenção de dados sobre a direção e tempo de fluxo da água subterrânea;
- caracterização da composição química da água subterrânea em diferentes zonas do aqüífero local, através de coletas periódicas em poços com diferentes profundidades distribuídos ao longo de toda a cidade de Urânia;
- caracterização química e mineralógica dos sedimentos da zona saturada, através da análise de amostras coletadas até a profundidade máxima de 80 m em dois pontos distintos da área de estudo; e
- interações entre a composição química da água subterrânea e dos sedimentos da zona saturada estabelecendo um modelo da evolução hidrogeoquímica do local.

3. CARACTERÍSTICA DA ÁREA DE ESTUDO

3.1. Localização

A área de estudo localiza-se na cidade de Urânia, região noroeste do Estado de São Paulo, cerca de 600 km da capital. A partir de São Paulo, o acesso à cidade é feito pela Rodovia Anhanguera até Limeira, seguido pela Rodovia Washington Luís até Mirassol e finalmente a Rodovia Euclides da Cunha até o município de Urânia (**Figura 3.1.**).

3.2. Aspectos Fisiográficos

O município de Urânia encontra-se na unidade morfoestrutural do Planalto Centro Ocidental Paulista (Ross & Moroz, 1997), que é caracterizado por colinas amplas e baixas com topos convexos e aplanados ou tabulares, entalhamento médio dos vales inferiores a 20 m interflúvios com dimensões médias entre 1750 e 3750 m, densidades de drenagem baixa, altimetria variando entre 400 a 700 m e declividades médias das vertentes entre 2 a 10%. Com isso a cidade de Urânia possui relevo monótono com a presença de pequenos morrotes, cujas cotas variam de 430 a 470 m.

O município de Urânia situa-se sobre o divisor hidrográfico das unidades 18 (São José dos Dourados) e 15 (Turvo, Grande) (IGC-DAEE, 1996). Na cidade de Urânia estão presentes as nascentes que fazem parte do Córrego da Porteira e do Ribeirão Comprido.

De acordo com o balanço hídrico do posto 8B-002, no Rio São José dos Dourados (DAEE, 1976), a chuva na região de estudo foi de 1430 mm em 1974, sendo que deste total, 83,6% participou dos processos de evapotranspiração, 7,4% corresponderam ao escoamento superficial e apenas 9,0% compreenderam à recarga subterrânea.

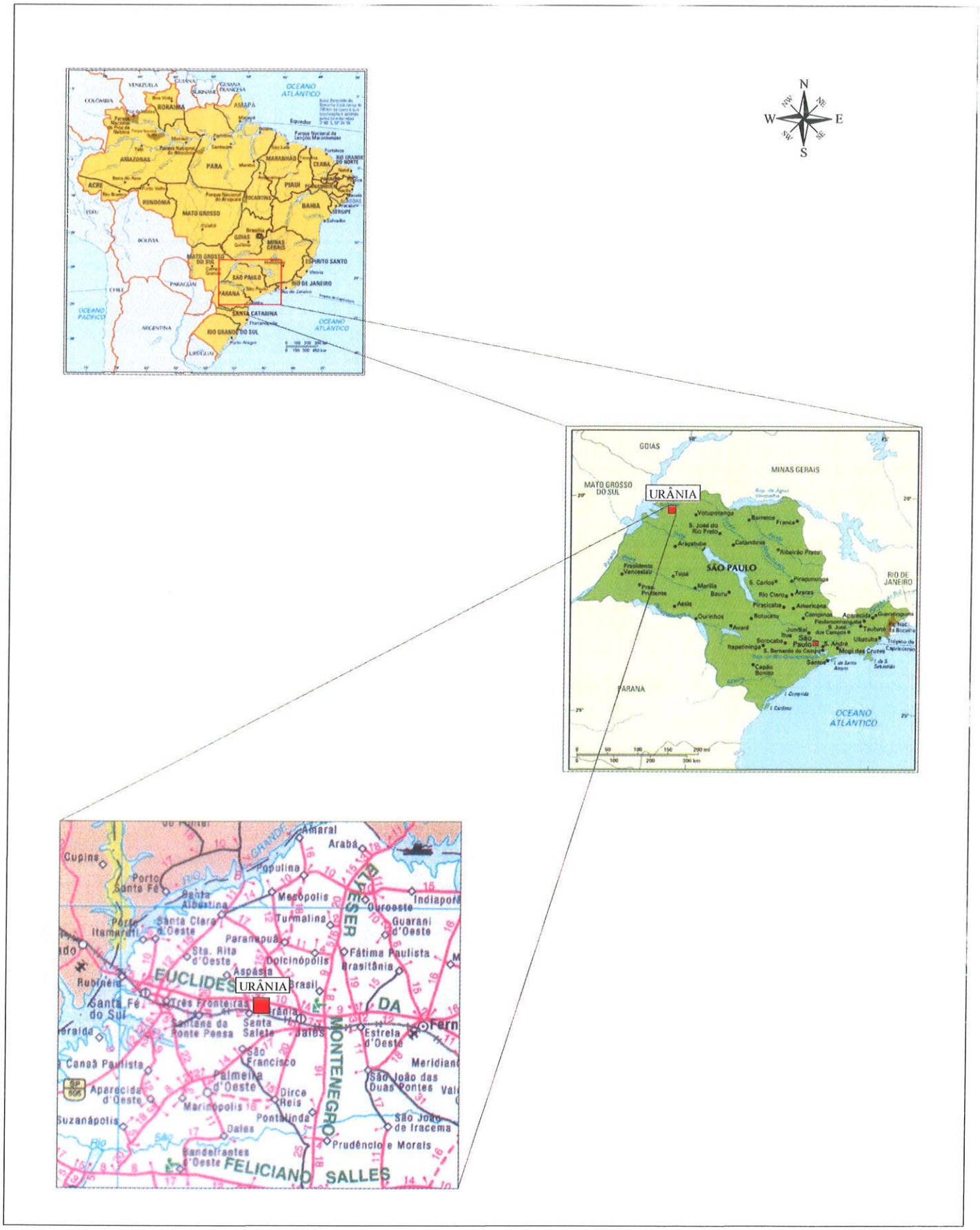


Figura 3.1.: Localização da cidade de Urânia

Por se encontrar nos domínios do Planalto Centro Ocidental, Urânia sofre influência da massa equatorial continental, continental tropical e, secundariamente, das massas polares. Há alternância de períodos úmidos e secos, onde as chuvas ocorrem no verão (dezembro e março) e a seca no inverno (abril e setembro). De 1959 a 1999, o posto pluviométrico B7-006 do DAEE em Urânia indicou que os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentaram os maiores índices pluviométricos (196, 234 e 179 mm, respectivamente), enquanto que os meses de julho, agosto e setembro registraram os menores índices (30, 16 e 17 mm, respectivamente).

3.3. Aspectos Sócio-Econômicos

Segundo o IBGE (dados preliminares do censo de 2000), a população do município de Urânia é de 8614 pessoas, residentes em uma área de 209 km^2.

Embora a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) seja a responsável pela distribuição de água para a cidade de Urânia, há residências que possuem poços particulares do tipo cacimba e tubular para o consumo doméstico.

A SABESP possui sete poços distribuídos na cidade de Urânia, sendo que apenas três encontram-se equipados com bombas, porém não são utilizados devido às concentrações anômalas de cromo na água subterrânea, tornando-a imprópria para o consumo humano. Desta forma, a água distribuída na cidade provém do Aqüífero Guarani extraída em Jales (cidade vizinha).

Mesmo se tratando de uma área urbanizada, há presença de atividades agrícolas (café, uva, manga, verduras e legumes) e pecuárias (bovinos, suínos e aves), principalmente nas porções noroeste e sul da cidade.

Há alguma atividade industrial, representada pelo beneficiamento de arroz, construção de charretes e fábrica de móveis.

3.4. Geologia

Na área de estudo afloram os sedimentos da Formação Adamantina (Cretáceo Superior), que é a de mais ampla distribuição aflorante entre as outras formações do Grupo Bauru no estado, recobrindo os basaltos da Formação Serra Geral (Juro-Cretáceo).

A Formação Adamantina foi formalmente proposta por Soares *et al.* (1980), como denominação a um conjunto de fácies cuja principal característica era a presença de bancos de arenitos com estratificação cruzada, espessura variando de 2 a 20 m, granulação fina a muito fina e cor rósea a castanha. A estratificação cruzada apresentava-se alternada com bancos de lamitos, siltitos e arenitos lamíticos, de cor castanha-avermelhada a cinza-castanho e estrutura maciça ou com acamamento plano-paralelo grosseiro, apresentando freqüentemente marcas de onda e micro-estratificação cruzada. Os sedimentos são bem selecionados, finos, freqüentemente compostos por mica e mais raramente feldspato, opacos e grande variedade de estruturas sedimentares.

As maiores espessuras da formação ocorrem geralmente nas porções ocidentais dos espigões entre os grandes rios. Atingem 160 m entre os rios São José dos Dourados e Peixe, 190 m entre os rios Santo Anastácio e Paranapanema, e 100 a 150 m entre os rios Peixe e Turvo, adelgaçando-se dessas regiões em direção a leste e noroeste (Soares *et al.*, 1980). Almodovar (1995) identificou como sendo 208 m a maior espessura do pacote de sedimentos da Formação Adamantina na cidade de Guzolândia. Em Urânia os sedimentos desta formação foram encontrados até 160 m, em Fernandópolis 130 m e em Jales 85 m.

Brandt Neto (1977) estudando a Formação Adamantina na região de Araçatuba e Penápolis no Baixo Tietê, observou, em 38 amostras de sedimentos que a ocorrência de minerais pesados se concentrava em turmalina e estaurolita, predominantemente, e granada, zircão, rutilo e perovskita, secundariamente. Os argilominerais reconhecidos por Brandt Neto *et al.* (1985) foram caulinita, montmorilonita e palygorskita.

Brandt Neto *et al.* (1987) identificaram e caracterizaram, pela primeira vez nesta formação, o mineral analcima em sondagem efetuada na cidade de Macedônia, localizada a 20 km de Fernandópolis. Segundo os autores, este mineral se originou a partir de processos hidrotermais.

Coimbra (1976) indicou como área fonte da Formação Adamantina os sedimentos fanerozóicos pré-existentes, áreas de rochas básicas do Grupo São Bento, as rochas metamórficas do Grupo Araxá e Canastra e as rochas alcalinas presentes no Triângulo Mineiro. As conclusões deste autor basearam-se principalmente na análise da distribuição de parâmetros granulométricos e da freqüência relativa de minerais pesados, entre eles zircão, turmalina, rutilo, perovskita, augita e titano-augita, anatásio, granada (almandina), cianita, estaurolita e epídoto.

Segundo Fernandes (1998), dentro de sua nova proposta litoestratigráfica, em Urânia aflora a Formação Vale do Rio do Peixe. A unidade é constituída por arenito muito fino a fino de cores marrom-claro, rosado a alaranjado, de seleção moderada a boa (predominantemente), com intercalações de siltitos de cores creme a marrom. Os arenitos formam estratos tabulares de aspecto maciço, com zonas de estratificação/laminação plano-paralela, grosseira, e estratos, também tabulares, com estratificação cruzada tabular e acanalada em geral de médio a pequeno porte. A formação está associada a sedimentos essencialmente eólicos. Provavelmente, estes depósitos foram fixados em corpos aquosos rasos e efêmeros, formados nas zonas mais baixas, em períodos de elevação do nível freático. O autor propõe que o contato inferior da Formação Vale do Rio do Peixe é gradual com a Formação Santo Anastácio ou, conforme ocorre na cidade de Urânia, discordante e diretamente sobre os basaltos da Formação Serra Geral, e que o contato superior é interdigitado e transgressivo com a Formação Araçatuba.

3.4.1. Geologia da cidade de Urânia

Na cidade de Urânia os sedimentos da Formação Adamantina são caracterizados por arenitos finos siltosos a muito argilosos, de cor marrom, variando as tonalidades de mais clara a escura e avermelhada. Os grãos são subarredondados e bem selecionados.

A análise granulométrica realizada por Almodovar (2000) em 12 amostras do solo da área de estudo, concluiu que a faixa granulométrica presente no local era representada por areias, argilas e cascalhos.

Em Almodovar (2000) também foram realizadas análises mineralógicas do solo, através de DRX - difração de raio X e MEV – microscopia eletrônica de varredura.

O DRX foi realizado em diversas frações das amostras, sendo possível identificar os seguintes minerais:

- fração total – quartzo, goetita, muscovita e argilas do grupo da caulinita e ilita;
- minerais pesados não magnéticos, fração grossa – hematita, goetita, quartzo e braunita;
- minerais pesados não magnéticos, fração fina – hematita, goetita, quartzo e microclínio;
- minerais pesados magnéticos, fração grossa – magnetita, ilmenita e hematita e
- minerais pesados magnéticos, fração fina – magnetita, ilmenita e hematita.

A microscopia eletrônica de varredura foi utilizada para a identificação de minerais que apresentassem cromo, sendo possível determinar os seguintes minerais: cromita ($FeCr_2O_4$), hematita (Fe_2O_3), magnetita ($FeFe_2O_4$) e ilmenita ($FeTiO_3$).

Na área de estudo, o contato inferior da Formação Adamantina se dá com os basaltos da Formação Serra Geral de forma direta e discordante. A espessura local dos sedimentos varia de 66 a 160 m, sendo as maiores espessuras localizadas do lado oeste da cidade de Urânia (Almodovar, 2000).

3.5. Hidrogeologia

O Sistema Aqüífero Bauru é regionalmente do tipo livre e localmente semi-confinado, com espessura média de 100 m podendo chegar a 250 m (Campos, 1987).

A velocidade de circulação das águas no aqüífero é de 0,04 m/dia e transmissividade de 10 a 100 m^2/dia. Há um zoneamento do potencial explotável do Sistema Aqüífero Bauru: a faixa de vazão entre 5 e 20 m^3/h é predominante em área; as faixas de 20-30 e de 30-50 m^3/h ocorrem em áreas menores, sobretudo quando a espessura é maior (DAEE, 1976, 1988).

Rocha *et al.* (1982) subdividiram este sistema em duas unidades distintas, em função das diferentes litofácies, expressão geomorfológica e dos parâmetros hidráulicos e hidroquímicos. A unidade I correspondia às formações Marília e Adamantina e seria caracterizada por um potencial explotável médio a baixo, com águas relativamente mais salinizadas, fortemente bicarbonatadas cálcicas, potencialmente incrustantes ou corrosivas. A unidade II correspondia às formações Santo Anastácio e Caiuá e seria caracterizada por um potencial explotável médio a elevado, onde as águas possuem teores salinos muito baixos, sendo bicarbonatadas cálcio-magnesianas e potencialmente corrosivas.

Quanto ao comportamento hidráulico, Rocha *et al.* (1982) concluíram que:

- os valores médios de capacidade específica compreendidos no intervalo de 0,5 a 10 m^3/h/m eram mais característicos de uma faixa de terrenos a oeste, ao longo do Rio Paraná, correspondendo, aproximadamente, às áreas de ocorrência da Formação Santo Anastácio e de sua transição à sudeste, com a Formação Caiuá. Este intervalo também ocorre à sudeste, na região de Racharia, onde há uma litofácie mais permeável da parte inferior da Formação Adamantina. Áreas com valores abaixo de 0,5 m^3/h/m ocorrem a sudoeste, devido à pequena espessura saturada, e a norte, na margem esquerda do Rio Grande, onde a litofácie da Formação Adamantina é menos permeável. Valores acima de 2 m^3/h/m são característicos da Formação Caiuá;

- os valores médios de transmissividade predominantes em áreas são da ordem de 30 a 50 m^2/dia e estão situados nos domínios da Formação Adamantina. O intervalo de 50 a 100 m^2/dia é mais freqüente na área de ocorrência da Formação Santo Anastácio; estes valores também são encontrados nas regiões de São José do Rio Preto e Racharia. A faixa de 100 a 200 m^2/dia é característica da Formação Caiuá; e
- os valores de condutividade hidráulica média aparente variam de 0,1 a 1,0 m/dia. O intervalo de 0,1 a 0,3 m/dia é predominante em área, abrangendo o domínio da Formação Adamantina. Valores entre 0,3 a 1,0 m/dia estão distribuídos nas Formações Santo Anastácio, Caiuá e na parte inferior da Formação Adamantina, à sudoeste.

A recarga natural do aqüífero é dada diretamente por águas pluviais. As superfícies potenciométricas mostram linhas de fluxo convergindo para as calhas dos rios e os divisores de águas subterrâneas coincidindo com os divisores das bacias hidrográficas.

Quanto à porosidade efetiva do Sistema Aqüífero Bauru, Barcha (1980) , a partir do estudo de 350 amostras de 13 poços, chegou a índices bastante variados de porosidade efetiva, com valores médios entre 16 e 26%.

Recentemente, a Formação Adamantina vem sendo individualizada como unidade hidrogeológica independente, o Aqüífero Adamantina, assim como as demais unidades do Sistema Bauru (Hirata *et al.*, 1997). Este aqüífero possui extensão regional e tem comportamento livre a semi-confinado. A recarga ocorre naturalmente pela infiltração da água da chuva e as superfícies potenciométricas são freqüentemente influenciadas pela geomorfologia da área, onde os divisores de águas subterrâneas coincidem com os divisores das bacias hidrográficas. As linhas de fluxo convergem para os rios, tendo desta forma, um caráter efluente. É provável, embora nunca tenha sido comprovado, que exista um sistema de circulação de maior profundidade, com tempos de trânsito maiores. Este sistema poderia transpassar várias bacias e teria características regionais.

Do ponto de vista hidrogeológico, os poços tubulares de Urânia, Aspásia e Santa Salete mostram espessura saturada média de 100 m, capacidade específica de 0,24 $m^3/h/m$ e transmissividade de 6,31 m^2/dia (Hirata & Rodolfi, 1993). Os perfis litológicos dos poços perfurados na cidade de Urânia mostram profundidades que variam de 70 a 270 m, níveis estáticos variando de 4,56 a 50 m e vazão entre 2,2 a 18,8 m^3/h (Almodóvar, 1995).

Rossato (1999) realizou o modelamento matemático preliminar do fluxo de água subterrânea do Aqüífero Adamantina na cidade de Urânia e arredores. As **Figuras 3.2. e 3.3.** apresentam os resultados dos mapas potenciométricos, com e sem os poços profundos da cidade em funcionamento. Nota-se que a mancha urbana do município situa-se sobre um divisor de bacias hidrogeológicas e que o bombeamento conjunto dos poços profundos da SABESP gera um único cone de rebaixamento sob a cidade. A mesma autora sugere que a área de recarga do aqüífero corresponde a toda área de exposição dos sedimentos, enquanto que a descarga seria as calhas dos rios.

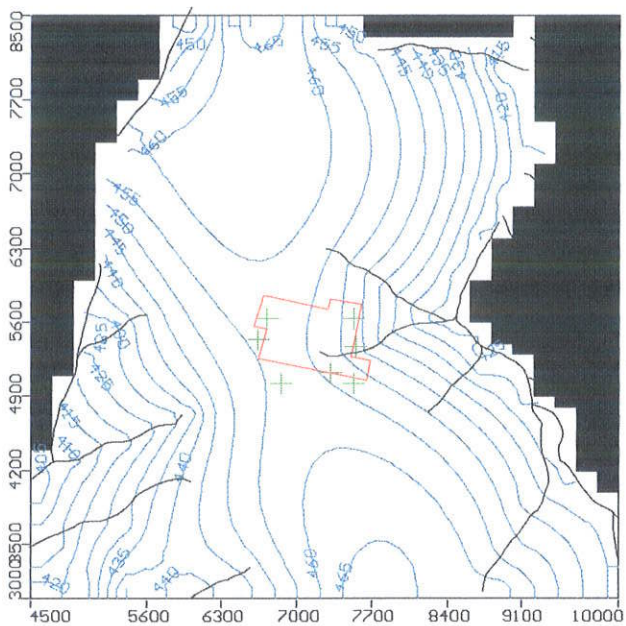


Figura 3.2.: Potenciometria da cidade de Urânia e arredores (Rossato, 1999)

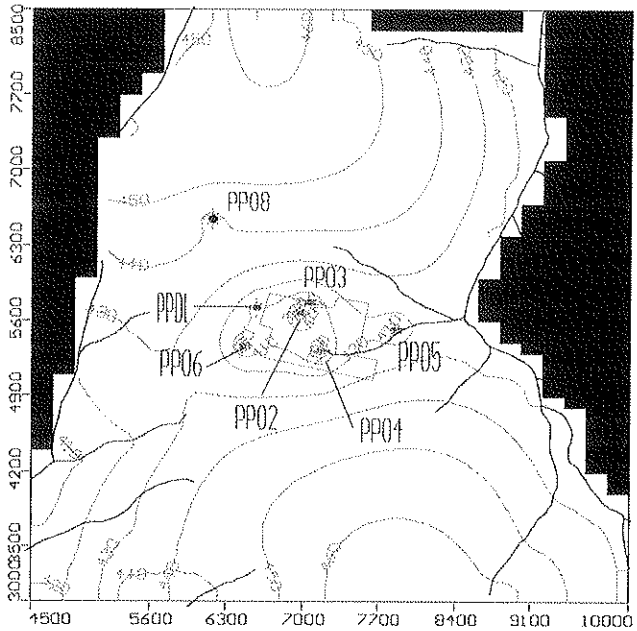


Figura 3.3.: Potenciometria da cidade de Urânia e arredores com a operação dos poços profundos da SABESP (Rossato, 1999)

3.6. Hidroquímica

Um dos primeiros estudos sobre a hidroquímica do Sistema Aqüífero Bauru no Estado de São Paulo foi realizado por Taltasse (1968). O autor distinguiu duas fácies hidrogeoquímicas para os arenitos cretácicos do Bauru: a das águas bicarbonatadas cálcicas e a das águas bicarbonatadas magnesianas.

Segundo DAEE (1974), na região de São José do Rio Preto distinguem-se dois grupos hidrogeoquímicos em terrenos do Grupo Bauru:

- as águas bicarbonatadas cálcio-magnesianas, de baixo teor salino, onde íons maiores têm a seguinte proporção: rMg>rCa>rNa; rNa>>rCl e
- as águas bicarbonatadas cálcicas, de alto teor salino, onde os íons maiores têm a seguinte proporção: rCa>rMg>rNa; rNa>>rCl.

DAEE (1976, 1979), estudando a região de Bauru, São José do Rio Preto, Araçatuba, Presidente Prudente e Marília, identificou dois grupos hidrogeoquímicos principais:

- águas bicarbonatadas cálcicas secundariamente magnesianas ou sódicas; rCa>rMg>rNa e $rHCO_3$>rCl. Para as águas pertencentes ao Bauru Superior e
- águas bicarbonatadas sódicas secundariamente cálcicas; rNa>rCa>rMg e rHCO3>>rCl, refletindo um enriquecimento em sódio, provenientes de aqüíferos mais profundos.

No estudo da bacia do Rio São José dos Dourados, realizado por Mezzalira *et al.* (1979), foram analisados ^{18}O, D, P, Cl, Mg, NH_4 e NO_3. A conclusão destes autores foi que as águas não apresentam fortes sinais de evaporação durante a recarga, o que indica um sistema de infiltração rápida de alta condutividade hidráulica.

Rocha *et al.* (1982) sugerem um zoneamento hidrogeoquímico do Sistema Aqüífero Bauru. Dois domínios são indicados: águas bicarbonatadas cálcicas e águas bicarbonatadas cálcio-magnesianas. Nos espigões e planaltos, correspondentes aos arenitos da parte superior da Formação Adamantina e Formação Marília, as águas apresentam concentrações salinas mais elevadas, fortemente bicarbonatadas cálcicas. A partir dos espigões, nos vales, as

concentrações salinas diminuem, às vezes na mesma formação e as águas são do tipo bicarbonatadas cálcio-magnesianas. Nesta progressão, a ocorrência de águas bicarbonatadas sódicas no extremo sudoeste sugere uma evolução hidrogeoquímica no sentido Ca→Mg→Na, de montante para jusante dos principais rios interiores que percolam o Grupo Bauru.

Segundo Campos (1987), as águas do Sistema Aqüífero Bauru apresentam dois tipos químicos dominantes: águas bicarbonatadas cálcio-magnesianas e águas bicarbonatadas cálcicas. Os estudos estatísticos mostram que os íons HCO_3^-, Ca^{2+} e Mg^{2+} são os principais responsáveis no processo de enriquecimento salino das águas. A composição mineralógica dos sedimentos das distintas formações do Grupo Bauru (à exceção da Formação Caiuá) parece contribuir significativamente para a predominância destes íons maiores. O carbonato de cálcio (calcrete) e os argilominerais, constituintes dos cimentos das litofácies, devem ser as principais fontes de enriquecimento iônico do meio aqüífero.

4. INTERAÇÃO ROCHA-ÁGUA

A qualidade da água subterrânea pode ser controlada a partir de mecanismos como: evaporação e evapotranspiração; influências da biomassa; decaimento da matéria orgânica; dissolução e precipitação de minerais; reações de troca iônica e misturas entre diferentes tipos de água.

Dos mecanismos citados anteriormente, apenas a dissolução e precipitação de minerais e as reações de troca iônica serão mencionados, por serem considerados os mecanismos que mais influenciam o aqüífero estudado.

4.1. Intemperismo químico e química da água subterrânea

A composição química de uma determinada água subterrânea é definida a partir da interação de vários fatores ambientais, como tipo de rocha, clima, relevo, vegetação e tempo. Apesar de todos estes fatores terem grande importância para a definição química da água subterrânea, o fator mais atuante é a interação da água da chuva com um determinado tipo de rocha. Essa interação é denominada de intemperismo químico e consiste na dissolução ou alteração de minerais presentes nas rochas, liberando íons para água.

Ao se infiltrar no solo, a água percola através de diferentes tipos de solo e rocha, e conseqüentemente a sua composição química está diretamente relacionada ao tipo de material percolado. Em rochas carbonáticas, o efeito da sua dissolução é facilmente observado a partir do aumento significativo de carbonato dissolvido na água, porém o efeito da dissolução de minerais silicáticos é menos aparente devido à sua grande resistência ao intemperismo.

4.1.1. Intemperismo de minerais silicáticos

Ao observar o perfil de alteração de uma determinada rocha silicática nota-se que alguns minerais desaparecem relativamente mais rápido que outros em direção à base do perfil. Essa diferença no tempo de alteração dos minerais é função de suas diferentes taxas de dissolução. Em 1934, Goldich apresentou uma seqüência empírica de intemperismos dos minerais silicáticos primários, onde os minerais mais susceptíveis ao intemperismo são a olivina e o plagioclásio cálcico, enquanto que o quartzo é o mineral mais resistente (**Figura 4.1.**).

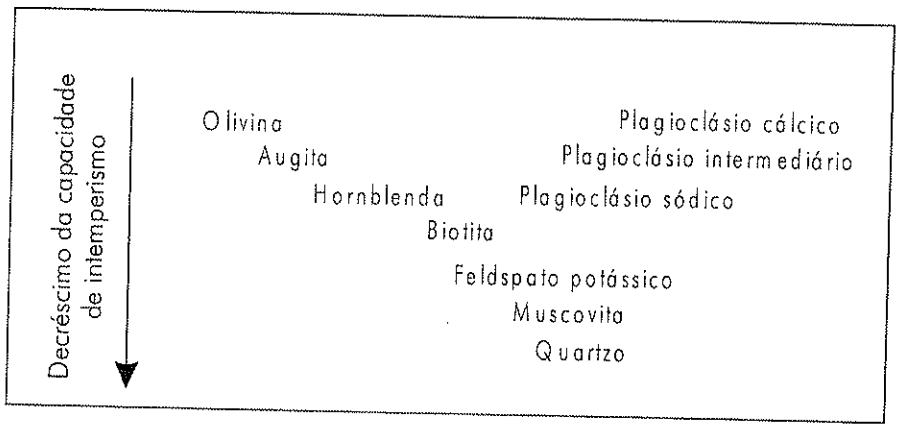


Figura 4.1: Seqüência de intemperismo mineral de Goldich (Appelo & Postma, 1993)

Outra observação importante a ser feita no perfil de alteração de rochas silicáticas é que com a alteração dos minerais primários alguns minerais secundários, como argilominerais e óxidos de ferro, são formados. Os minerais secundários constituem a parte insolúvel da alteração dos minerais primários formados a partir de reações incongruentes e composta por compostos de alumínio.

O efeito da dissolução de minerais silicáticos na água subterrânea é o aumento da concentração de sílica e cátions. As reações de intemperismo desse tipo de mineral consomem ácido e dessa forma possuem um efeito tampão. Em locais onde não ocorre a influência de contaminantes, o ácido carbônico é a

mais importante fonte de próton, e como demonstrado pela **equação 11** da **Tabela 4.1.**, o bicarbonato será produzido durante a alteração de silicatos. O ferro presente nesses minerais irá formar óxidos de ferro como produto de intemperismo insolúvel. A **Tabela 4.1.** apresenta algumas reações de intemperismo em alguns minerais silicáticos.

Tabela 4.1.: Reações de intemperismo para alguns minerais silicáticos (Drever, 1988 e Appelo & Postma, 1993)	
Equação 1. - Piroxênio para caulinita	$[CaMg_7Al_3Si_{1,7}]O_6+3,4H^++1,1H_2O\rightarrow 0,3Al_2Si_2O_5(OH)_4+Ca^{2+}+0,7Mg^{2+}+1,1H_4SiO_4$
Equação 2. - Na-montmorilonita para caulinita	$Na_{0.33}Al_2Si_{3.67}O_{10}(OH)_2+1/3H^++23/2H_2O\rightarrow 7/6Al_2Si_2O_5(OH)_4+1/3Na^++4/3Si(OH)_4$
Equação 3. - Ca-montmorilonita para caulinita	$Ca_{0.33}Al_2Si_{3.67}O_{10}(OH)_2+1/3H^++23/2H_2O\rightarrow 23/20Al_2Si_2O_5(OH)_4+3/5K^++1/4Mg^{2+}+6/3\ Si(OH)_4$
Equação 4. - Illita para caulinita	$K_{0.6}Mg_{0.25}Al_{2.30}Si_{3.5}O_{10}(OH)_2+11/10H^++63/60H_2O\rightarrow 23/20Al_2Si_2O_5(OH)_4+3/5K^++1/4Mg^{2+}+6/3\ Si(OH)_4$
Equação 5. - Albita para caulinita	$NaAlSi_3O_8+H^++9/2H_2O\rightarrow 1/2Al_2Si_2O_5(OH)_4+Na^++2\ Si(OH)$
Equação 6. - Albita para Na-montmorilonita	$NaAlSi_3O_8+6/7H^++20/7H_2O\rightarrow 3/7Na_{0.33}Al_{.33}Si_{3.67}O_0(OH)_2+6/7Na^++10/7Si(OH)_4$
Equação 7. - Microclínio para caulinita	$KAl_2Si_3O_8+2H^++H_2O\rightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4+K^{2+}$
Equação 8. - Anortita para caulinita	$CaAl_2Si_3O_8+2H^++H_2O\rightarrow Al_2Si_2O_5(OH)_4+Ca^{2+}$
Equação 9. - Andesita para caulinita	$Na_{0.5}Ca_{0.5}Al_{1.5}Si_{2.5}O_8+3/2H^++11/4H_2O\rightarrow 3/4Al_2Si_2O_5(OH)_4+1/2Na^++1/2Ca^{2+}+Si(OH)_4$
Equação 10. - Biotita para caulinita	$KMg_3AlSi_3O_{10}(OH)_2+7H^++1/2H_2O\rightarrow 1/2Al_2Si_2O_5(OH)_4+K^++3Mg^{2+}+2Si(OH)_4$
Equação 11. - Formação ácido carbônico	$CO_2+H_2O\rightarrow H^++HCO_3$

As reações de intemperismo ocorrem não somente em perfis de alteração mas também em rochas percoladas por água subterrâneas, contudo as transformações minerais são mais difíceis de serem detectadas do que no perfil (Appelo & Postma, 1993).

Os principais minerais secundários formados a partir do intemperismos de silicatos são a caulinita, a montmorilonita e a gibsita. A alteração de minerais silicáticos para esses produtos depende da capacidade de lixiviação, que está relacionada à retirada de uma determinada quantidade de sílica e cátions do mineral, das condições hidrogeológicas e da taxa de intemperismo do mineral. A montmorilonita é formada preferencialmente em climas relativamente secos, onde a lixiviação do solo é baixa e quando a dissolução dos minerais é rápida como os das rochas vulcânicas. A gibsita é formada em locais tipicamente tropicais, com chuvas intensas e boas condições de drenagem. A formação da caulinita esta relacionada a um ambiente intermediário aos outros dois (Appelo & Postma, 1993).

Segundo Drever (1988) e Appelo & Postma (1993), a solubilidade de minerais secundários, que possuem alumínio, é bastante baixa na faixa de pH da água subterrânea, estando abaixo do limite de detecção dos equipamentos que determinam a concentração de alumínio na água.

Os fenômenos de dissolução e precipitação de aluminossilicáticos podem ser estudados a partir de diagramas de estabilidade mineral, pois é comum a não detecção do alumínio nas análises químicas de águas subterrâneas, impedindo a realização de cálculos de índices de saturação para esses minerais. Tais diagramas contém campos de predomínio de minerais, separados por linhas que expressam a situação de equilíbrio químico entre as diferentes fases. As posições das linhas nos diagramas são estabelecidas através da relação do pH e as atividades da sílica, do cálcio, do sódio ou do potássio da solução, onde todo o alumínio é completamente preservado na fase sólida, não havendo lixiviação para a água.

4.1.2. Intemperismo de minerais carbonáticos

As reações que envolvem carbonatos são de grande importância no controle da composição da água subterrânea. Os principais minerais que compõem este tipo de rocha são os carbonatos de cálcio e magnésio que reagem facilmente com a água subterrânea e dando a ela a característica da água dura.

Os minerais carbonáticos podem estar presentes não somente em rochas carbonáticas, mas em sedimentos arenosos na forma de minerais secundários e/ou cimento envolvendo os grãos. Mesmo em pequenas quantidades, devido a sua grande reatividade, os minerais carbonáticos ainda possuem grande influência na composição química da água subterrânea.

Água subterrânea em aqüíferos carbonáticos geralmente possui Ca^{2+} e HCO_3^- como íons maiores dissolvidos e geralmente apresenta equilíbrio próximo ao da calcita. Segundo Drever (1988) a concentração de Ca^{2+} depende da pressão de CO_2 da água, que é geralmente controlada pelo solo e pela atmosfera na zona de recarga, através do mecanismo descrito abaixo.

A água da chuva que chega no solo está em equilíbrio com o dióxido de carbono da atmosfera, que possui pressão parcial de $10^{-3,5}$ atm. Os gases no solo possuem mais CO_2 (normalmente $10^{-2,5}$ a $10^{-1,5}$ atm) do que a atmosfera, como conseqüência da respiração e decaimento da matéria orgânica. Quando a chuva percola o solo a quantidade de CO_2 aumenta para 10^{-2} ou mais. O CO_2 adicional irá aumentar a capacidade da água em dissolver $CaCO_3$. A quantidade de $CaCO_3$ dissolvido por litro de água percolada (e com isso a concentração de Ca^{2+} na água) depende da concentração inicial de CO_2 e na extensão em que o CO_2 pode ser reposto na água através da troca com a fase gasosa. Se o CO_2 não for reposto a quantidade de calcita que a água pode dissolver é limitada pela quantidade de CO_2 presente inicialmente, através da equação:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca^{2+} + 2HCO_3^- \qquad \text{Equação 12}$$

Caso o sistema seja aberto (ocorre reposição de CO_2) a pressão de CO_2 no sistema permanecerá constante e CO_2 será transferido da fase gasosa para repor o CO_2 consumido pela dissolução da calcita. Dessa forma, a dissolução da calcita não é limitada pela disponibilidade inicial de CO_2 e mais calcita será dissolvida em condições de sistema aberto do que no fechado.

O intemperismo da dolomita é parecido com o da caulinita, com exceção da taxa de dissolução que é menor, e parte do HCO_3^- é mais balanceado para Mg^{2+} do que para Ca^{2+}. Dolomita normalmente possui dissolução congruente.

Quando as rochas percoladas pela água subterrânea contem calcita e dolomita, essa água normalmente conterá mais cálcio do que magnésio, uma vez que a calcita dissolve-se mais rapidamente que a dolomita. Depois de centenas de anos a razão magnésio/cálcio da água pode chegar ao equilíbrio (Appelo & Postma, 1993).

4.2. Adsorção e troca catiônica

A fase sólida presente nos aqüíferos possui grande capacidade de modificar sua concentração através da transferência de massa entre a água subterrânea e os minerais presentes no aqüífero. Os processos responsáveis pela troca de massa são: adsorção (quando o íon encontra-se aderido à superfície do sólido) e troca iônica (quando ocorre a reposição de um íon por outro).

Segundo Appelo & Postma (1993), os processos acima mencionados são modelados a partir de equações derivadas da lei de ação das massas. A principal diferença entre a adsorção e troca iônica é que o modelo de equações do primeiro usa as concentrações de apenas um íon enquanto que o outro considera todos os íons capazes de serem trocados, dificultando o cálculo, uma vez que a água subterrânea possui vários íons dissolvidos.

Também é bastante complicada a distinção dos processos de adsorção e troca iônica dos processos de precipitação e dissolução de minerais, sendo que a principal diferença é que o sólido (argilominerais, matéria orgânica e óxidos e hidróxidos de ferro) possui uma capacidade específica de adsorção e troca iônica.

A adsorção corresponde a um fenômeno de aderência de íons ou moléculas presentes numa solução a uma fase sólida que apresenta elevada superfície específica. Esse processo ocorre normalmente quando os argilominerais, matéria orgânica e/ou óxidos e hidróxidos de ferro encontram-se negativamente carregados, atraindo cátions a fim de que ocorra estabilidade elétrica. Há situações inversas, onde a fase sólida apresenta-se positivamente carregada, atraindo ânions. O controle do tipo de adsorção (se cátion ou ânions) este relacionado ao tipo de material adsorvente e o pH da solução percolante. Desta forma, se o pH da solução percolante for mais elevado que o do material adsorvente, no qual a carga elétrica da sua superfície seja zero (definido como pH_{zpc}, ou pH de zero *point of change*), haverá condições para a adsorção de cátions, e vice-versa. Segundo Deutsch (1997), os argilominerais são os minerais que mais sofrem estes tipos de processos nos solos e aqüíferos.

Uma forma de se medir quantativamente a ocorrência de retenção de íons para diferentes tipos de material é através do cálculo da capacidade de troca de cátions (CTC), normalmente expresso em equivalentes de cargas positivas por massa de material adsorvente. Os valores de CTC variam de material para material, em função das suas diferentes superfícies específicas (minerais com superfície específica maior adsorvem mais). A **Tabela 4.2.** apresenta os valores de CTC e de pH_{zpc} de alguns materiais normalmente encontrados no meio ambiente (Appelo & Postma, 1993).

Tabela 4.2.: Medidas de capacidade de troca de cátions de alguns materiais normalmente encontrados no meio ambiente (Appelo & Postma, 1993)

Material	CTC (meq/100g)	pH_{zpc}
Caulinita	1 – 15	4 a 5
Montmorilonita	80 – 120	2,5
Goetita e Hematita	até 100	7 a 8

Os principais cátions trocáveis são cálcio, magnésio, potássio, sódio, hidrogênio e alumínio, sendo que a soma da concentração destes íons em situação de adsorção representa uma boa aproximação da medida de capacidade de troca de cátions (Wutke & Camargo, 1972). Normalmente, os materiais retêm com maior intensidade os íons de maior valência e de menor raio iônico. A afinidade pela adsorção decresce na seguinte ordem: $Al^{3+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^{+} > Na^{+}$ (Hem, 1985). O hidrogênio possui comportamento característico, assemelhando-se ao de um cátion bivalente, sendo mais fortemente retido pela caulinita que o cálcio, ocorrendo o inverso com a montmorilonita (Wutke & Camargo, 1972). Isso acontece devido aos diferentes tipos de ligações químicas que o hidrogênio realiza com os diversos materiais trocadores.

5. MODELOS HIDROGEOQUÍMICOS

Os modelos computacionais hidrogeoquímicos compreendem uma ferramenta que auxilia no entendimento de modelos hidrogeoquímicos conceituais através da interação das características químicas da água-rocha-gás do sistema. Estes programas também realizam previsões de respostas do sistema a partir de mudanças nas condições químicas do meio (Deutcsh, 1997).

Os modelos hidrogeoquímicos podem ser divididos, basicamente, em três tipos:

- Modelos de especiação

Calculam, a partir do resultado da composição química da água, a distribuição e as atividades das espécies dissolvidas entre íons livres e os seus diferentes complexos, assim como o índice de saturação de diferentes minerais, levando-se em conta a força iônica da solução. Os cálculos dos parâmetros mencionados são baseados no princípio da lei de ação de massas e utilizam-se de bancos de dados termodinâmicos e de constantes de equilíbrio das principais reações químicas.

O cálculo do índice de saturação por esses modelos é útil para o desenvolvimento de modelos conceituais, pois mede o desequilíbrio existente entre a solução e os minerais da rocha, através da relação entre o produto das atividades dos íons formadores de um mineral (IAP), obtido com os resultados das análises químicas da água e das constantes de equilíbrio químico dos minerais (K), de acordo com a seguinte equação:

$$IS = \log \frac{IAP}{K} \qquad \text{Equação 13}$$

Valores positivos de índice de saturação (IS) indicam que a solução está supersaturada com relação a determinado mineral, o que leva à precipitação. Valores negativos sinalizam que o mineral encontra-se em processo de dissolução e valores próximos de zero indicam que a solução está em equilíbrio químico com o mineral.

- Modelos de previsão

O modelo de previsão consiste em apresentar ao programa a composição de uma água de montante e fazer a previsão da composição de uma água de jusante em um mesmo sistema de fluxo, após a primeira ter entrado em contato com uma ou várias fases minerais e/ou gasosas ou sofrido alguma alteração nas condições ambientais (temperatura, pH ou Eh). Como resultado, o programa fornece a especiação e os índices de saturação da água de jusante, bem como as quantidades de massa transferidas de uma fase para outra. Vários tipos de reações químicas entre fases podem ser modeladas por estes programas, tais como dissolução/precipitação, óxido/redução, troca iônica, adsorção e complexação de superfícies sólidas.

- Modelos inversos ou de balanço de massa

Nestes modelos, fornece-se ao programa as concentrações químicas de suas amostras de água coletadas à montante e jusante de um mesmo sistema de fluxo, enumera-se os tipos de fases sólidas entre os dois pontos e um índice de incerteza dos resultados das análises químicas, devido a erros analíticos e de amostragem. A saída do programa corresponde a uma série de sugestões de reações químicas que justificam as mudanças de composição química da água entre os dois pontos. Estes programas utilizam-se apenas da estequiometria das reações na resolução do problema, não utilizando constantes de equilíbrio químicos e dados termodinâmicos.

Dentre os programas de modelagem hidrogeoquímica disponíveis, os mais conhecidos são o Wateq (Truesdel *et al.*, 1973), desenvolvido pela USGS, o MinteqA2 (Allison *et al.*, 1991), desenvolvido pela USEPA e Phreeqc (Parkhurst, 1995), desenvolvido pela USGS. Através do programa Wateq pode-se calcular especiação iônica, constante de equilíbrio ajustada com a temperatura do sistema, equilíbrio redox, equilíbrio da fase gás e índice de saturação. Com o MinteqA2 além dos parâmetros calculados pela Wateq, pode-se obter transferência de massas, troca iônica, adsorção e complexação de superfície. O Phreeqc é o mais completo dos três, onde ainda pode-se realizar a modelação inversa, modelação de mistura e transporte advectivo.

A habilidade de um modelo hidrogeoquímico em simular de forma precisa os sistemas naturais é limitada por uma série de fatores, tais como exatidão dos dados de campo e laboratório, a extensão e precisão da base de dados termodinâmicos, mas principalmente com relação à velocidade das reações químicas.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Cadastro de Poços

O cadastro dos poços existentes na cidade de Urânia teve como objetivo reunir informações sobre a quantidade, tipos e características dos poços existentes na área de estudo, com a finalidade de se caracterizar a hidrogeologia da cidade. Foram cadastrados 8 poços tubulares da SABESP, 16 poços tubulares particulares e 28 poços cacimbas (**Anexo 1**).

Para a realização do cadastro recorreu-se à SABESP da cidade de Urânia, onde foram adquiridos os "Relatórios Finais de Poços" dos sete poços tubulares profundos da SABESP e a localização de alguns poços tubulares e cacimbas existentes na área. O cadastramento dos poços que não estavam registrados na SABESP foram realizadas através de visitas a cada uma das captações, localizadas em pontos estratégicos ao longo da cidade de Urânia.

Cada poço cadastrado recebeu uma numeração de acordo com o tipo de poço (tubular profundo da SABESP = PP-00, tubular particular = PT-00 e cacimba = PC-00), foram também reunidas informações como nome do proprietário, endereço e localização do poço, profundidade, diâmetro, nível d'água, equipamento utilizado para extração da água (balde, bomba, etc.), ano de perfuração, uso da água, vazão da bomba quando presente, tipo de revestimento e formação geológica perfurada (**Figura 6.1.**).

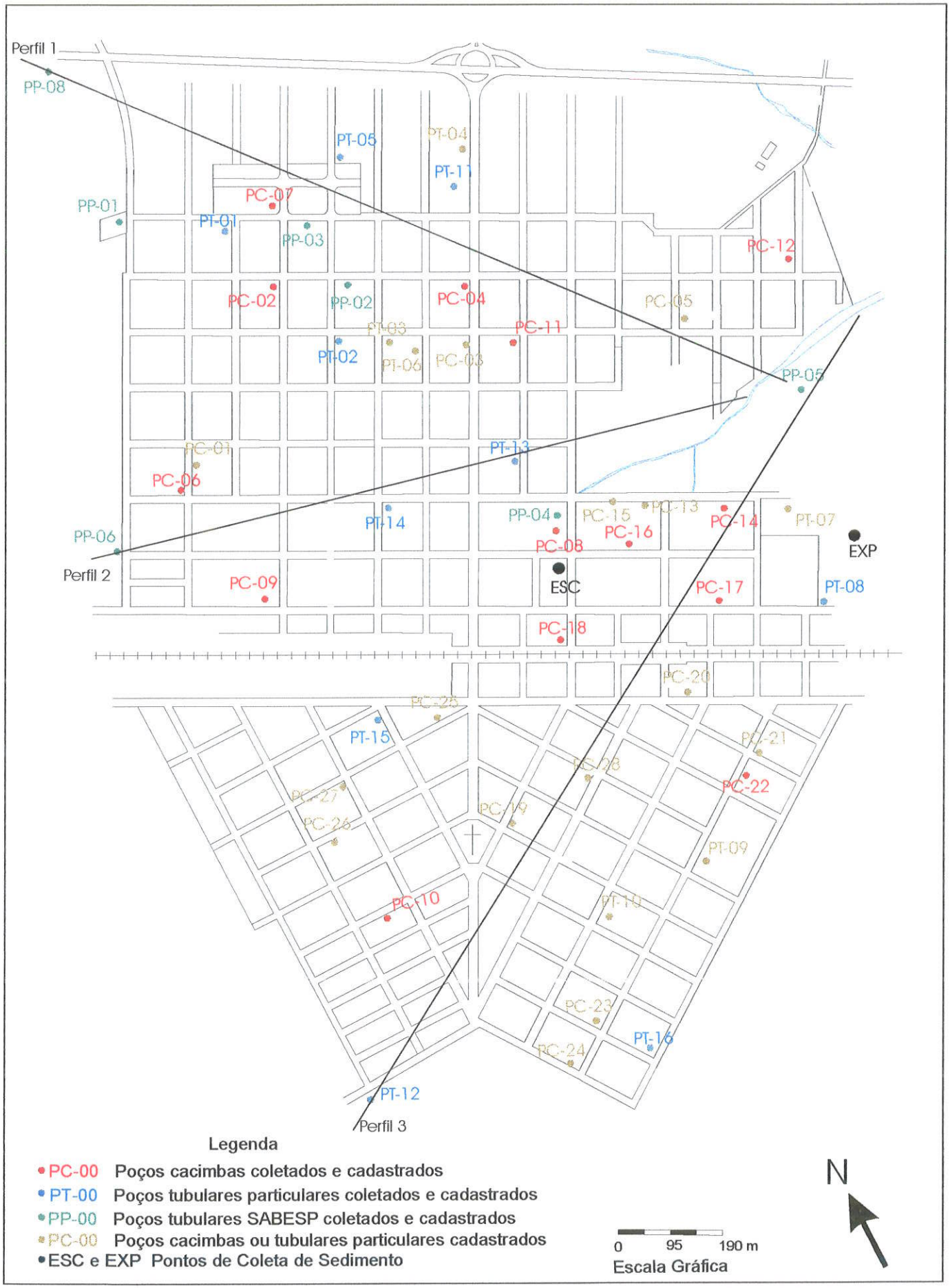


Figura 6.1: Mapa da cidade de Urânia com a localização dos poços cadastrados e coletados e pontos de coleta de sedimentos

6.2. Hidráulica

Com finalidade de se definir um modelo conceitual da hidráulica da zona saturada no Aqüífero Adamantina na cidade de Urânia, foram coletados dados sobre o nível d'água durante o cadastramento dos poços e ao longo de uma campanha de medição realizada no mês de setembro de 2001 em 20 poços cacimbas distribuídos em toda a cidade. Antes das medições foi solicitado aos proprietários dos poços que os mesmo não fossem bombeados no período de 24 horas. Os dados destas medições estão apresentados no **Anexo 1**.

A partir de medições dos níveis d'água nos poços, foi confeccionado um mapa potenciométrico para os poços cacimbas e um perfil esquemático de fluxo entre os poços PP-8 e PP-5. Para a elaboração do perfil de fluxo foram realizadas medições de nível d'água em alguns poços tubulares (PT) e profundos da SABESP (PP).

6.3. Coleta e análise de amostras de sedimentos

6.3.1. Coleta de amostras de sedimentos

As amostras de sedimentos foram coletadas durante a escavação de dois poços tubulares por sondagem rotativa. Essas sondagens foram realizadas com hastes de seis polegadas, dotadas de uma peça triangular com vídias em sua ponta, que perfurou o terreno através de sua rotação. Para o resfriamento do equipamento foi um utilizado um sistema fechado de circulação de água.

As amostras foram coletadas em intervalos de dois a quatro metros de profundidade e que consistiram de uma mistura de sedimentos desagregados e/ou triturados com água.

Um dos poços perfurados está localizado na escola municipal, dentro do perímetro urbano da cidade de Urânia (ESC), e o outro no recinto de exposições agropecuárias, há menos de 1 km da cidade (EXP). A perfuração ESC possui 60 m de profundidade e os intervalos coletados foram os de 10, 14, 17, 20, 24, 28, 32, 36, 40, 44, 52 e 60 m, enquanto que a EXP possui 80 m e intervalos coletados de 22, 26, 30, 40, 43, 44-48, 52, 56, 60, 64, 78 e 80m (**Figura 6.1.**). O único intervalo testemunhado foi de 44-48m.

6.3.2. Estudos petrográficos

Os estudos petrográficos foram realizados na amostra indeformada EXP 44-48m, que inicialmente, foi descrita macroscopicamente, ressaltando-se parâmetros como cor, granulometria, estrutura e mineralogia.

Em seguida, foram realizados estudos de microscopia óptica de lâminas delgadas. Esse estudo visou o detalhamento da mineralogia dos sedimentos coletados.

A preparação da lâmina delgada foi efetuada de acordo com os procedimentos adotados pela Seção de Laminação do IGc-USP.

6.3.3. Análise granulométrica

A análise granulométrica foi realizada a partir do método de peneiramento e pipetagem, no Laboratório de Sedimentologia do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (IGc-USP).

Essa análise foi executada na amostra de testemunho EXP 44-48m, após sua desagregação em almofariz de porcelana e secagem a 30°C. Em seguida foram peneiradas as faixas granulométricas maiores que o silte grosso (0,02mm de diâmetro) e pipetadas as frações granulométricas menores (argila e silte fino) após o tempo padrão de sedimentação segundo a lei de Stokes, utilizando-se a pipeta de Robinson. Os resultados apresentados consideram as seguintes faixas granulométricas: argila (<2μm), silte fino (2 a 20μm), silte grosso (20 a 50μm), areia fina (50 a 200μm) e areia média e grossa (>200μm).

- **Separação da fração <0,004mm**

Para estudos mineralógicos dos argilominerais foi utilizada a fração <0,004mm, cuja separação foi efetuada via pipetagem. As amostras foram secas a 30°C, desagregadas naturalmente e dispersas em água destilada com defloculante (pirofosfato de sódio). Após 2 horas e 3 minutos de repouso (decantação), foi pipetada uma única vez a coluna de água de 10cm em uma proveta de 1000mL, que continha material em suspensão. A separação deste material foi feita no Laboratório de Sedimentologia do IGc-USP.

Segundo Alves (1990), acredita-se que nesta fração ocorram as maiores concentrações de argilominerais e desta forma a separação granulométrica representa essencialmente um fracionamento mineralógico.

- **Separação de minerais pesados e magnéticos**

A separação de minerais pesados foi realizada através do bromofórmio que se trata de um líquido de densidade conhecida (2,9035 g/L) próxima aos dos minerais aluminossilicáticos que é de aproximadamente 2,65g/L.

Inicialmente as amostras foram secas em estufa a 30°C, desagregadas em almofariz de cerâmica com água destilada. Essas amostras foram lavadas para a retirada de materiais argilosos. Após essa lavagem as amostras foram novamente secas em estufa a 30°C.

Depois da secagem, as amostras foram colocadas em funis que continham bromofórmio. Desta forma, foram considerados minerais leves os sobrenadantes e pesados os afundados.

Os minerais magnéticos foram separados através da utilização de um ímã.

6.3.4. Análise mineralógica por difração de raio-X

A difração de raio-X (DRX) foi empregada para os estudos mineralógicos qualitativos em amostras totais, fração <0,004 mm, minerais pesados e magnéticos.

As amostras totais, de minerais pesados e magnéticos foram desagregadas naturalmente e homogeneizadas através de moagem em almofariz de ágata. Em seguida as lâminas foram preparadas pela técnica da prensagem. Foram realizadas análises de amostras totais em todos os pontos coletados, porém as análises de minerais pesados e magnéticos foram efetuadas apenas nas amostras ESC 20, 32 e 52m e EXP 44-48, 56 e 80m, escolhidas devido ao seu grande volume.

As amostras da fração <0,004mm foram umedecidas com água destilada e espalhadas uniformemente pelas lâminas. Depois de sua secagem natural foram analisadas em sua forma natural, glicolada (exposta ao etilenoglicol durante 12 horas) e aquecida (aquecidas durante 3 horas a temperaturas de aproximadamente 500°C). Esta técnica foi utilizada para a determinação de argilas expansivas, sendo desta forma, escolhidas para essa análise, as amostras ESC 20, 32 e 52m e EXP 44-48, 56 e 80m, por apresentarem maior volume de amostra e pico intenso de argilominerais expansivos no difratograma de amostras totais.

Utilizou-se o difratômetro (Siemens-Bruker, modelo D5000) do Laboratório de Difração de Raio-X do IGc-USP, que possui tubos de raios X de cobre, operando em condições rotineiras com voltagem de 40 KV, corrente de 40 μÅ e varredura 2θ variando de 3° a 65°, com 0,05° num tempo de dois segundos. A identificação dos minerais foi realizada através do programa DIFRAC-plus e pela comparação com o Powder Diffraction File-PDF do ICDD (1995).

6.3.5. Análise por microscopia eletrônica de varredura (MEV)

Para a identificação dos minerais presentes nos sedimentos da Formação Adamantina na área de estudo, foi efetuada a análise por Microscopia Eletrônica de Varredura, com microanálise pontual de energia dispersiva acoplada (MEV/EDS), em um fragmento da amostra EXP 44-48 m e em suas frações pesadas e leves.

O EDS acoplado ao MEV permite identificar os elementos químicos presentes nos minerais da rocha analisada através da ionização de átomos da amostra que ejetam elétrons de suas camadas mais internas ao ser atingido por um feixe de eletrônico. Para recuperar a estabilidade, os elétrons de outras camadas substituem as vacâncias geradas, emitindo quantias específicas de energia que são medidas e desta forma, permitindo identificar os elementos presentes no material analisado.

O MEV utilizado foi o Leo 440i da OXFORD, do IGc-USP. Este é composto por detectores de elétrons secundários (morfologia dos grãos), e elétrons retroespalhados (contraste dos grãos), catodoluminescência e espectrômetro de energia dispersiva EDS (Energy Dispersive Systems).

O fragmento da amostra EXP 44-48 m e os seus grãos da fração leve e pesada foram fixados em um suporte e recoberto por ouro. Inicialmente, foi analisado o fragmento de rocha sendo possível analisar a interação entre os minerais, suas superfícies além de caracterizar qualitativamente as suas composições químicas. Em seguida foram analisadas as frações leves e pesadas da amostra na tentativa de uma melhor identificação mineralógica.

6.3.6. Análise química por ICP/AES-Plasma

As análises químicas por ICP/AES-Plasma foram executadas em amostras totais de todos os pontos coletados nas perfurações EXP e ESC.

As amostras foram previamente moídas até uma granulação menor que 200 mesh em uma panela de carbeto de tungstênio. Então, foram separadas parcelas de amostra para a análise dos parâmetros de umidade e perda de elementos voláteis ao fogo. Essas duas análises são feitas a partir da diferença

entre as amostras total e seca a 60°C e a 1000°C, respectivamente. Em seguida elas foram submetidas a uma fusão alcalina, que consiste em fundir a amostra em cadinhos contendo fundente de metaborato e tetraborato de lítio a uma temperatura de 1000°C, e logo após foram transformadas em soluções aquosas utilizando-se ácido nítrico e fluorídrico. As soluções aquosas foram obtidas a partir do método elaborado por Janasi *et al.* (1996).

Tais soluções aquosas foram analisadas no ICP/AES, que consistem em um espectômetro seqüencial de emissão atômica, com plasma induzido acoplado.

No Laboratório de Química e ICP/AES do IGc-USP foram analisados os seguintes parâmetros:

- em porcentagem - SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, MgO, CaO, Na_2O, K_2O, P_2O_5, MnO, TiO_2, perda ao fogo e H_2O; e
- em ppm – Ba, La, Sr, V, Y e Zr.

O laboratório realizou três tipos de controle de qualidade das amostras: duplicatas – amostras EXP 78 e ESC 52 apresentando ótima reprodutibilidade com diferenças abaixo de 10% (que é considerado o limite de aceitação); branco de laboratório, onde não foi detectada a concentração de nenhum composto, indicando a não ocorrência de contaminação no laboratório; e soluções padrões – JG-1a, JB-1a e GS-N que apresentaram ótima reprodutibilidade dos resultados obtidos e certificados. A partir das três checagens acredita-se que os resultados possuíram uma boa confiabilidade.

6.3.7. Capacidade de troca de cátions e pH do solo

As análises químicas de troca de cátions (CTC), pH e matéria orgânica do solo foram realizadas em todas as amostras coletas de sedimentos, pelo laboratório de Análise Química de Solo e Planta da Universidade Federal de São Carlos (Araras – SP). De acordo com o responsável pelo laboratório o procedimento utilizado nas análises é basicamente o proposto por Raiji & Quaggio (1983), porém o laboratório realizou algumas modificações.

A capacidade de troca catiônica (CTC) representa a somatória dos principais cátions tocáveis que estão adsorvidos no solo (Na^+, K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Al^{3+} e H^+). Outros cátions podem estar adsorvidos, porém em concentrações menores. Desta forma, a somatória dos cátions descritos a cima constituem uma razoável aproximação da capacidade de troca catiônica total do solo.

Inicialmente as amostras são secas, desagregadas e homogeneizadas. O pH do solo é medido ($10cm^3$) misturando-se a ele, $CaCl_2$ (25mL); enquanto que o teor de matéria orgânica é obtido a partir da oxidação da matéria orgânica contida no solo, com uma mistura de dicromato e ácido sulfúrico, seguida de titulação do resultante com solução de sulfato ferroso amoniacal, após adição de H_3PO_4.

A determinação do sódio é feita a partir da solução do solo com ácido clorídrico 0,1N, que após a troca iônica do sódio pelo hidrogênio a solução é analisada por espectrofotometria de chamas.

O potássio é determinado a partir da mistura do solo com uma resina trocadora de cátions saturada em sódio, que permanece em agitador por 16 horas, até que todo os cátions da resina se transfiram para o solo. A resina é separada do solo por lavagem com água deionizada e atacada com solução de 50 mL de NH_4Cl (0,8N) e HCl (0,2N), sendo o extrato resultante analisado para potássio por espectrofotometria de chama.

O processo de extração do cálcio e magnésio ocorre a partir da mistura do solo com o sal KCl (1N) até que ocorra a troca dos dois cátions pelo potássio. A solução sobrenadante é separada e analisada por espectrofotometria de absorção atômica.

A determinação do Al trocável é feita a partir de uma solução do solo com KCl (1 N). Após um determinado tempo, o extrato sobrenadante é titulado com uma solução 0,025 N de NaOH, cujo volume é utilizado para o cálculo da concentração de Al trocável. O H^+ trocável é determinado através da solução tampão SMP, que consiste de uma mistura de sais neutros com vários tampões. A análise é realizada adicionando-se à solução SMP a suspensão onde foi determinado o pH em $CaCl_2$. Após um determinado tempo de agitação e

repouso é realizada a leitura do pH da nova suspensão tampão. A concentração de H^++Al^- é obtida a partir de uma curva de regressão, dado o pH da suspensão tampão. A determinação do H^+ é feita a partir da subtração do Al calculado na soma H^++Al^-.

6.4. Coleta e análises químicas de amostras de água subterrânea

6.4.1. Programa de Amostragem

Primeiramente foram selecionados para a amostragem 31 poços cadastrados distribuídos uniformemente pela área de estudo. Foram programadas seis campanhas de amostragem no período de três anos.

As coletas foram realizadas em junho de 1998, novembro de 1998, março de 1999, junho de 1999, abril de 2000 e outubro de 2000.

Além destas seis campanhas de coleta houve a necessidade de mais duas, sendo a primeira em maio de 1999 para as coletas estratificadas e em diferentes tempos de bombeamento, outra em setembro de 2001 para checagem das concentrações de sílica.

6.4.2. Coletas de Água

Nos trabalhos de campo foram utilizadas quatro formas de coleta de água com a finalidade de melhor entender as variações hidrogeoquímicas do Sistema Aqüífero Bauru na cidade de Urânia. As formas de coletas foram:

Amostragem de água em poços portadores de bombas

As amostras de água dos poços PPs, PTs e PCs foram retiradas diretamente de suas bocas. A coleta foi executada nos poços que já estavam sendo bombeados há mais de 15 minutos, sem interrupção ou, após o esgotamento do volume do poço, no caso de bombas desligadas.

Amostragem de água em poços desprovidos de bombas

As amostras de água foram coletadas em três poços tubulares profundos da SABESP (PP-1, PP-6 e PP-8). Neste tipo de amostragem utilizou-se garrafas

amostradoras, pois as captações de água haviam sido desativadas e não possuíam bombas submersas.

Em junho e novembro de 1998 e abril e outubro de 2000 para as coletas de água, foi introduzido um amostrador constituído de um cilindro de PVC. O equipamento possuía uma válvula em uma das extremidades, que fechava quando estava cheio de água e uma corda de *nylon* na outra, para sua retirada após a coleta.

As coletas de março e junho de 1999 foram efetuadas com uma garrafa amostradora de pressão da marca Solinst Discrete Interval Sampler Mod 425. O funcionamento desta garrafa consiste em bombear para seu interior uma pressão calculada a partir da coluna d'água, introduzi-la dentro do poço até a profundidade pré-estabelecida, retirar a pressão para que o ar saia e a água entre, colocar a mesma pressão para que se feche e possa ser retirada. Uma vez fora do poço, a pressão é aliviada e a água pode ser coletada.

Na amostragem de março de 1999, as águas foram coletadas em duas diferentes profundidades, 20 m a partir do nível estático e até onde foi possível descer a garrafa amostradora de pressão. Em junho de 1999 os mesmos intervalos de coleta de água foram utilizados para o poço PP-1. Nos outros dois poços coletou-se água em quatro profundidades diferentes, seguindo a coleta estratificada de maio de 1999, descrita a seguir.

Amostragem de água em diferentes profundidades

Para melhor entender as variações hidrogeoquímicas no Aqüífero Adamantina realizou-se coletas de água a diferentes profundidades.

Para esta amostragem estratificada, realizada em maio de 1999, foram selecionados os poços desprovidos de bombas submersas PP-6 e PP-8. Antes da coleta de água foi executada a limpeza destes poços com ar comprimido.

A amostragem foi efetuada em quatro profundidades preestabelecidas a partir dos intervalos de filtros. As coletas foram realizadas 24 horas (PP-6 e PP-8-A) e 48 horas (PP-6 e PP-8-B) após a limpeza dos poços. Para tanto foi utilizada a garrafa amostradora descrita anteriormente e que nesta amostragem atingiu 130 m de profundidade.

A garrafa amostradora possibilitou coletas discretas em profundidades específicas, sem contaminações de outros estratos mais superficiais. O resultado destas análises não permitiu obter as variações das concentrações dos parâmetros físico-químicos com a profundidade do aqüífero, sendo que o motivo será discutido no capítulo dos resultados.

Amostragem de água em diferentes tempos de bombeamento

As amostras de água coletadas em tempos de bombeamento pré-estabelecidos foram realizadas para verificar a existência de variações nas concentrações dos íons.

Em março de 1999 foi selecionado para esta amostragem o poço PP-4. Foram coletadas duas amostras nos intervalos de dez minutos e seis horas de bombeamento constante.

Em maio de 1999 além do PP-4 também foi escolhido o PP-2. Foram coletadas 7 amostras de água nos períodos de 15 minutos, 1, 6, 12, 18 e 24 horas de constante bombeamento.

Em junho de 1999 amostrou-se também o poço PP-5 por encontrar-se naturalmente jorrante quando retirada a sua tampa. As coletas foram realizadas a 10, 30, 60 e 120 minutos de constante derramamento de água.

6.4.3. Análise da Água

Durante a coleta, foram medidos "*in situ*" os seguintes parâmetros com os devidos equipamentos: temperatura do ar e da água – termômetro do Oxímetro; pH – pHmetro pH 330/SET-1-WTW; Eh – Ehmetro da DIGEMED; oxigênio dissolvido – Oxímetro Oxi 330/SET-WTW; condutividade elétrica – Condutivímetro LF330/SET-WTW. O Ehmetro usado no campo possui um eletrodo de cloreto de mercúrio e não de hidrogênio. Por isso, nas medidas de Eh acrescentou-se 250 mV para correção.

As alcalinidades total e parcial também foram medidas em campo, sendo a alcalinidade total determinada por titulação com ácido sulfúrico usando indicador misto e a alcalinidade parcial pela titulação com ácido sulfúrico, usando como indicador a fenoftaleína. Para a medida da alcalinidade parcial, em algumas amostras, usou-se a solução tampão borax (0,025M-pH8,3) como

referência (branco), pois a transição entre o incolor para o rosa, não foi de fácil visualização. Foi utilizado ácido sulfúrico 0,1N padronizado em laboratório com Na_2CO_3.

As amostras destinadas aos laboratórios do Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas – CEPAS do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo – IGc-USP para análises físico-químicas, foram filtradas e armazenadas em três frascos de polietileno, novos e descartáveis com volume de 100mL. Um dos frascos foi congelado para análises dos ânions, no outro foi adicionado cinco gotas de solução 1:1 de HNO_3 (aproximadamente 0,25 mL) para a determinação dos cátions, exceto sódio e potássio, e no frasco restante foram igualmente colocadas cinco gotas de solução 1:1 de H_2SO_4 para a determinação dos cátions sódio e potássio.

Para a filtragem da água coletada, foi utilizada uma bomba peristáltica Geopump 2, conectada a um *holder* com papel de filtro de 0,45 μm de acetato de celulose.

Os métodos de análises químicas aplicados nos laboratórios do CEPAS para a determinação química das águas subterrâneas foram: processo de cromatografia líquida no aparelho Dionex 2010i para a análise dos ânions F^-, Cl^-, NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-} e SO_4^{2}; para os cátions Na^+ e K^+ foi realizado o processo de fotometria de chama desenvolvido no fotômetro B 262 da Micronal; e nos cátions Cu^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}, Fe total, Cr total, Mn^{2+}, Ni^{2+}, Cd^{2+}, Ag^+, Ba^{2+}, Al^{3+}, Sr^{2+}, Ca^{2+} e Mg^{2+} foi realizado o processo de espectrometria de Absorção Atômica CG AA7000 BCe.

As análises de sílica foram executadas nos laboratórios da TCA - Empresa de Apoio Tecnológico, Consultoria Ambiental e Comércio Ltda, CEIMIC Análises Ambientais S/C LTDA e Alfa Laboratório de Análise e Diagnóstico Ambiental. A análise de sílica foi realizada por colorimetria, baseado na 19ª edição do "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater".

6.5. Processamento e Seleção dos Dados

Os resultados das análises químicas e mineralógicas dos sedimentos, assim como os resultados físico-químicos das amostras de água, foram tratados de forma que fosse possível a interpretação da evolução dos processos hidrogeoquímicos que ocorrem no aqüífero estudado.

Os resultados das análises químicas e mineralógicas dos sedimentos foram organizados em planilhas eletrônicas a partir das quais foi possível a confecção de gráficos e matrizes de correlação.

Os dados obtidos nas seis campanhas de amostragem de água subterrânea, também foram organizados em planilhas eletrônicas, onde foi possível a realização do balanço iônico para a verificação da qualidade das análises químicas, admitindo-se erros de 15%, sendo que análises com erros superiores foram consideradas excepcionalmente quando da ausência de dados ou sabendo a origem do erro, análises estatísticas básicas (média, mediana, desvio padrão e histogramas), matrizes de correlação, diagramas de classificação hidrogeoquímica, diagramas de estabilidade mineral e vários perfis representando a evolução de íons maiores, parâmetros físico-químicos e índices de saturação de minerais.

Após a caracterização individual das fases sólida e líquida, algumas técnicas foram utilizadas para estabelecer o modelo conceitual de hidrogeoquímica do aqüífero, a fim de identificar os processos geoquímicos que definem a relação rocha-água. As técnicas utilizadas foram:

- execução da especiação das análises químicas e do cálculo de índices de saturação de minerais através do modelo hidrogeoquímico MinteqA2 (Allison *et al.*, 1991), cujos resultados foram expressos em forma de perfis;
- utilização de diagramas de aluminossilicatos, com intuito de se determinar quais são os minerais aluminossilicáticos mais estáveis; e
- execução de modelagem hidrogeoquímica inversa, segundo o modelo hidrogeoquímico Phreeqc (Parkhurst, 1995).

7. RESULTADOS

7.1. Modelo hidráulico conceitual

O modelo conceitual de circulação da água subterrânea na cidade de Urânia foi baseado no mapa potenciométrico a partir dos níveis estáticos dos poços cacimbas e no perfil esquemático de fluxo elaborado entre os poços PP-8 e PP-5.

Através dos perfis litológicos dos relatórios de construção dos poços da SABESP em Urânia, sabe-se que a cidade é caracterizada pela presença do Sistema Aqüífero Bauru, representado pelo Aqüífero Adamantina, que por sua vez sobrepõe o Sistema Aqüífero Serra Geral.

O Aqüífero Adamantina em Urânia é do tipo livre com porosidade primária e o nível d'água nos poços cacimbas varia entre 2 e 18 m de profundidade. O mapa potenciométrico da **Figura 7.1.** indica que o fluxo da água subterrânea é em direção à parte nordeste da cidade. O perfil esquemático de fluxo da **Figura 7.2.** demonstra que as linhas de fluxo da água subterrânea convergem para a calha do córrego, demonstrando que o mesmo apresenta um caráter influente. Desta forma pode-se considerar que a zona de recarga do aqüífero corresponde à área aflorante da unidade e a zona de descarga ao Córrego Comprido.

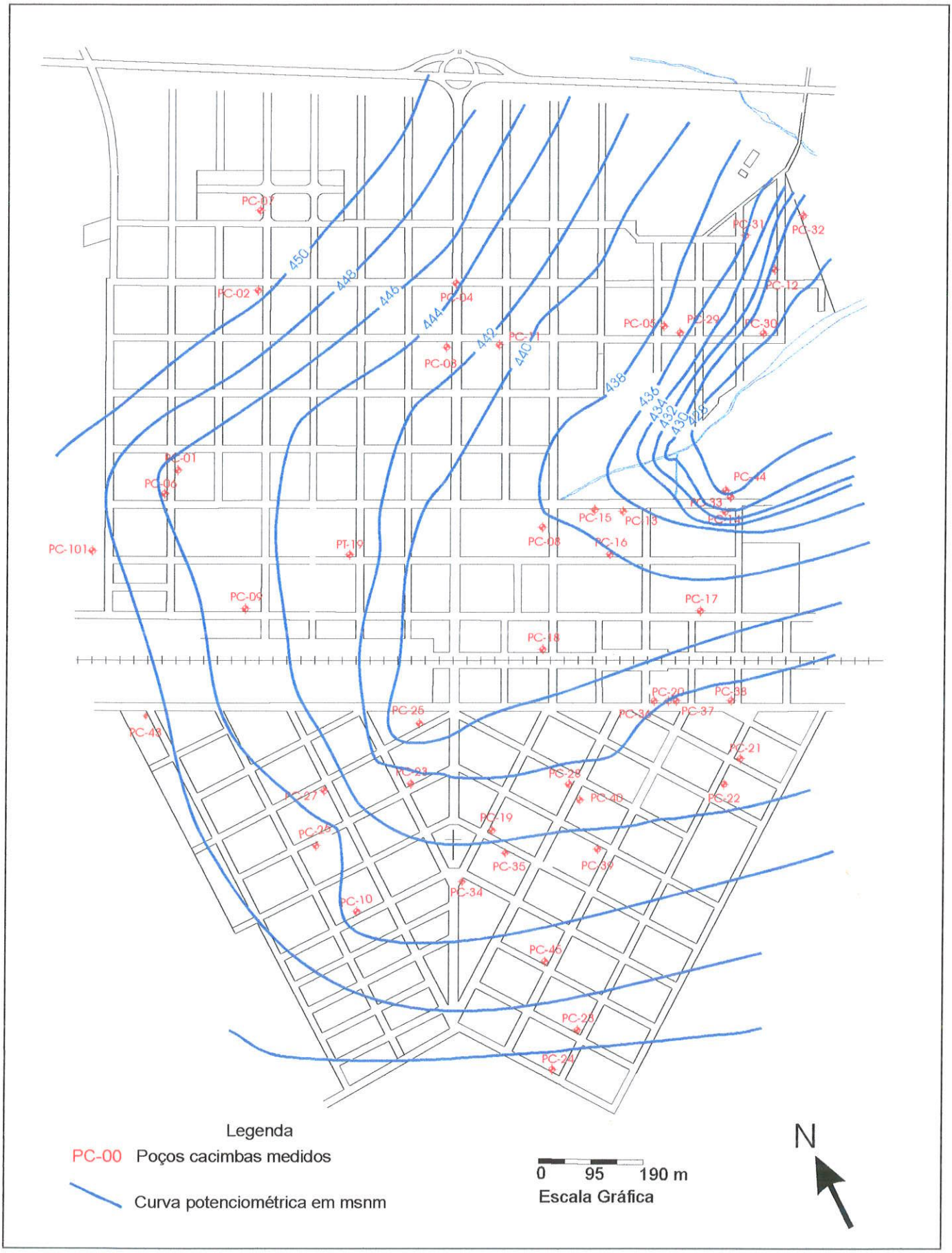


Figura 7.1: Mapa Potenciométrico

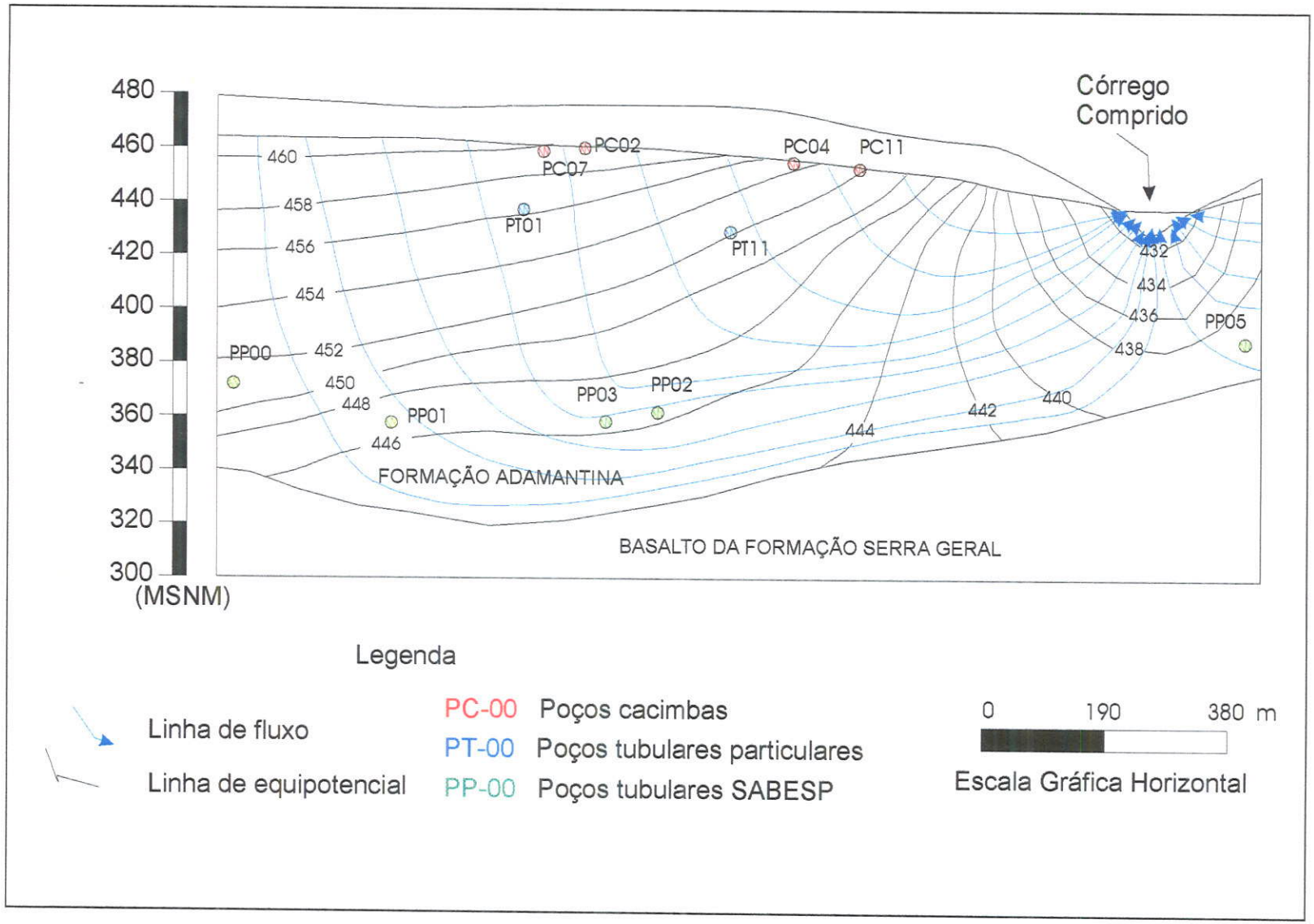


Figura 7.2.: Perfil esquemático de fluxo

7.2. Caracterização da fase sólida

7.2.1. Descrição macroscópica e microscópica da petrográfica

As descrições petrográficas foram realizadas a partir da amostra EXP 44-48 m, por ser o único intervalo indeformado coletado. Macroscopicamente, a amostra foi descrita como sendo uma rocha sedimentar de cor vermelha escura, com partes centimétricas irregulares de cor branca que efervescem em contato com ácido clorídrico. É composta por um arenito duro de granulometria média, sem qualquer tipo de estrutura visível a olho nu. Os minerais possíveis de serem identificados macroscopicamente são o quartzo e algum tipo de mineral carbonático (provavelmente calcita), devido à efervescência das partes brancas. Os grãos de quartzo do arenito estão envolvidos em uma matriz composta provavelmente por óxidos e hidróxidos de ferro de cor vermelha e também por um cimento carbonático, devido à dureza e efervescência da toda a amostra.

Ao analisar microscopicamente as duas lâminas petrográficas confeccionadas a partir da amostra EXP 44-48 m, observou-se que a rocha apresentava-se alterada, onde na maioria dos casos os óxidos e hidróxidos de ferro envolviam os grãos da rocha, que representavam cerca de 50% da amostra Os grãos encontravam-se soltos na matriz e/ou no cimento sem contato com uns aos outros e são do tipo sub-arredondados a arredondados. Não foi observado nenhum tipo de estrutura e orientação da amostra.

Mineralogicamente a amostra apresenta principalmente grãos de quartzo com fraturas conchoidais e microclínio em processo de alteração para sericita ou caulim. Ocorrem, em menores quantidades, plagioclásios com clivagens bem marcadas se alterando também para sericita ou caulim; piroxênios da série diopsídio – enderbejita e egirina; anfibólio com clivagem bem marcada, identificado como sendo actinolita, granada e zircão.

7.2.2. Análise granulométrica

A análise granulométrica também foi realizada apenas na amostra indeformada EXP 44-48. Pode-se observar que a faixa granulométrica predominante na amostra é a de 0,250 a 0,125 mm, seguida pela faixas de 0,125 a 0,062 mm e de 0,500 a 0,250 mm que de acordo com a classificação granulométrica de *Wenthwork,* correspondem a areias finas, areias muito finas e areia médias, respectivamente (**Figura 7.3.**).

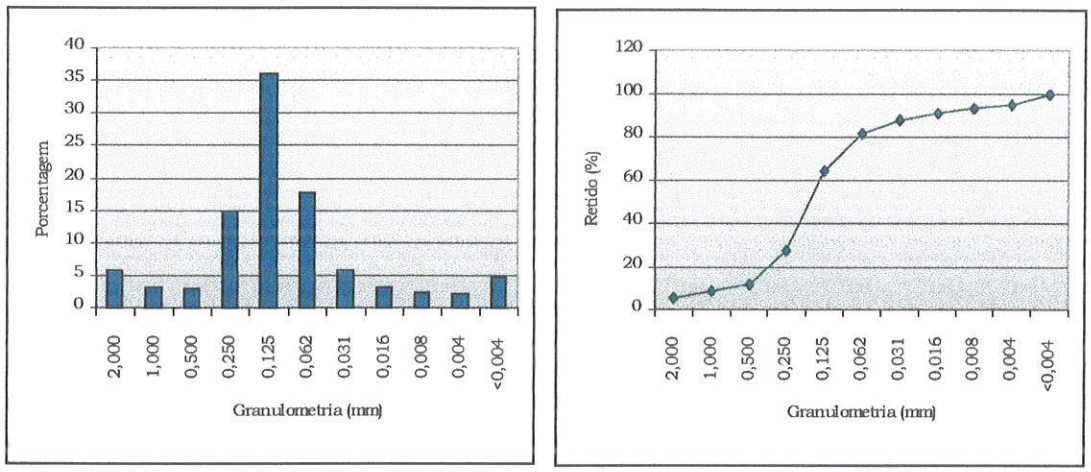


Figura 7.3: Gráfico de barras e curva acumulada da análise granulométrica.

Pode-se observar através da curva acumulada que pouco mais de 80% da amostra correspondem a frações superiores a areia muito fina, enquanto apenas cerca de 19% é formada por frações silte e argila.

7.2.3. Análise mineralógica por difração de raio-X

Inicialmente foram analisados os difratogramas de raio-X referentes às amostras totais de todos os pontos coletados (**Anexo 2**). Todas as amostras indicaram a ocorrência de minerais de quartzo, feldspato, um argilomineral com pico de 14 Å e calcita. Os resultados de cada ponto analisado encontram-se na **Tabela 7.1.**.

Tabela 7.1.: Resultados das análises de difração de raio-X nas amostras de fração total das perfurações EXP e ESC		
Amostra	**Prof. (m)**	**Mineralogia**
EXP 22	22	Quartzo, feldspato, hematita, goetita
EXP 26	26	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita, hematita
EXP 30	30	Quartzo, hematita, goetita
EXP 34	34	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita, hematita
EXP 40	40	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita
EXP 43	43	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å
EXP 44-48	44-48	Quartzo, argilomineral 14 Å, calcita
EXP 52	52	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita, goetita
EXP 56	56	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita
EXP 60	60	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita
EXP 64	64	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita
EXP 78	78	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita
EXP 80	80	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita
ESC 10	10	Quartzo, feldspato
ESC 14	14	Quartzo, feldspato
ESC 17	17	Quartzo, goetita, hematita
ESC 20	20	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å
ESC 24	24	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita, hematita
ESC 28	28	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita
ESC 32	32	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita
ESC 36	36	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita, hematita
ESC 40	40	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita, hematita, goetita
ESC 44	44	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita
ESC 52	52	Quartzo, feldspato, argilomineral 14 Å, calcita, hematita, goetita
ESC 60	60	Quartzo, feldspato

Devido à grande quantidade de quartzo presente nos sedimentos, a intensidade do pico de 3,34 Å das amostras totais apresenta-se bastante pronunciado, podendo mascarar picos de outros minerais existentes na amostra, havendo a necessidade de serem confeccionadas lâminas de frações menos quartzosas.

Desta forma foram realizadas analisas das frações de minerais pesados e magnéticos, onde foi possível observar com clareza a presença de quartzo, calcita, granada, piroxênio, anfibólio, feldspato, hematita, goetita, ilmenita e rutilo (**Figura 7.4. e 7.5.**).

Para a identificação do argilomineral com pico de 14 Å, foi necessária a separação da fração <0,004 mm e análise da sua forma natural, glicolada e aquecida (Figura 11). Para essa análise foram utilizadas apenas as amostras EXP 44-48, 56 e 80 e ESC 20, 32 e 52, pois essas apresentaram picos de 14 Å mais intensos. Os difratogramas restantes encontram-se no **Anexo 2**.

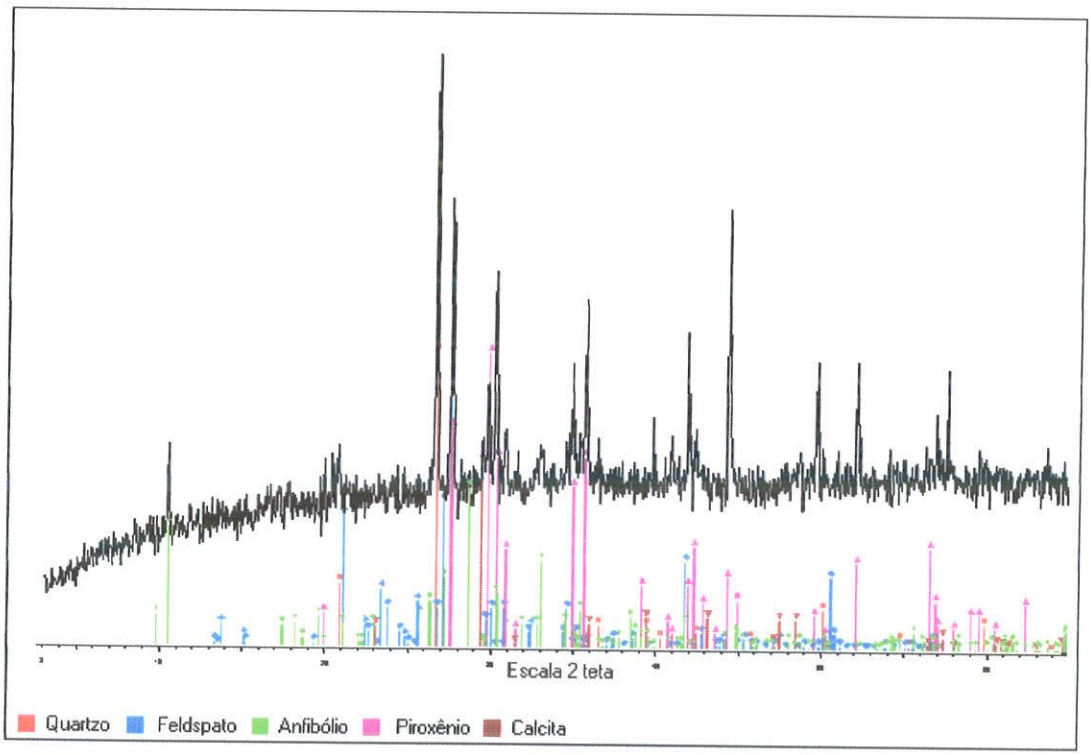


***Figura 7.4.*: Difratograma de minerais pesados da amostra EXP 56.**

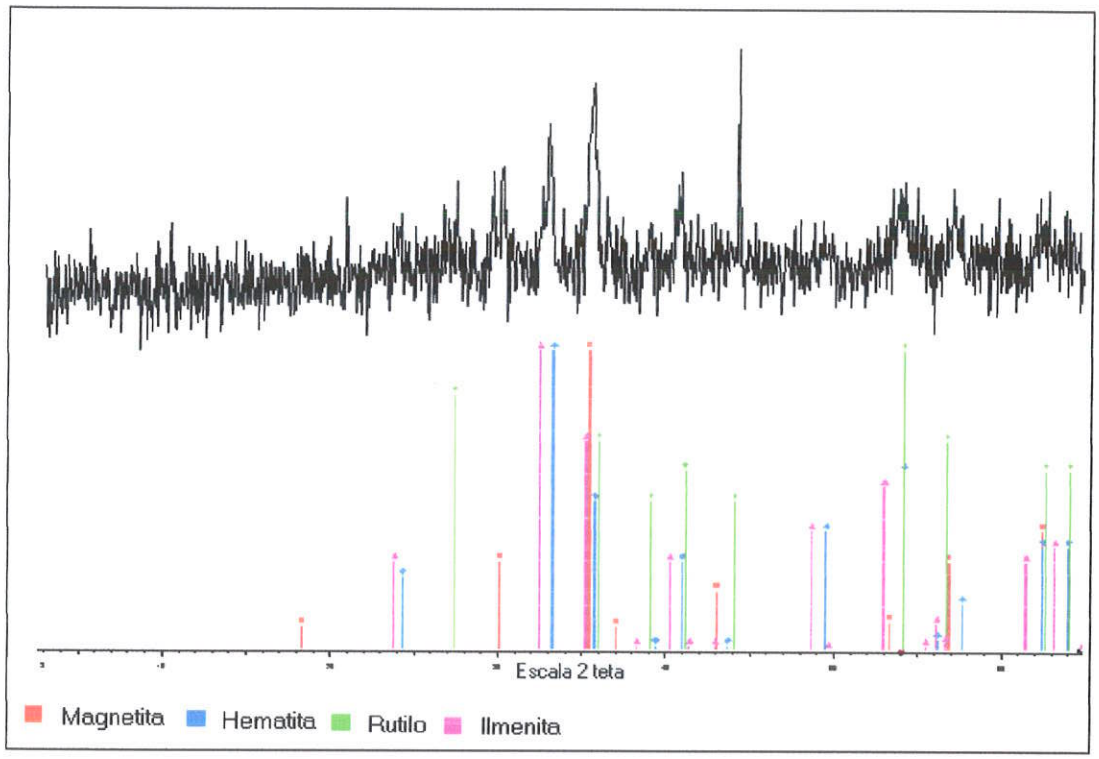


Figura 7.5.: Difratograma de minerais magnéticos da amostra EXP 44-48.

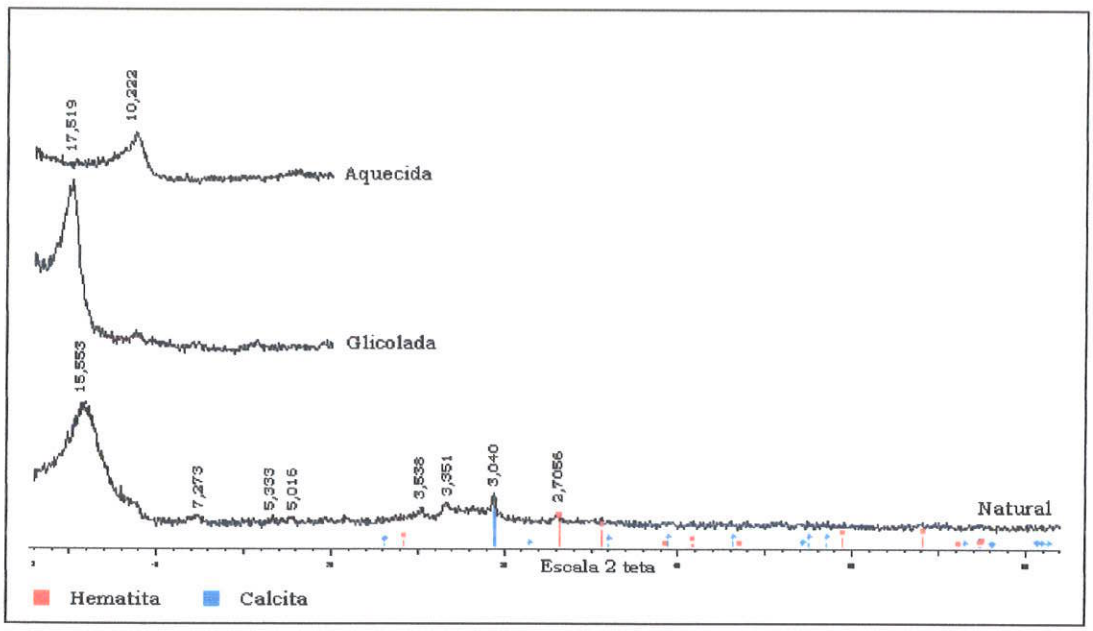


Figura 7.6.: Difratograma da amostra EXP 32 nas formas natural, glicolada e aquecida.

A partir dos valores dos picos da amostra aquecida (10,222 Å) e glicolada (17,519 Å) e bibliografias consultadas sobre os sedimentos da Formação Adamantina, é possível afirmar que o argilomineral presente nas amostras de sedimentos pertence ao grupo das esmectitas (**Figura 7.6.**).

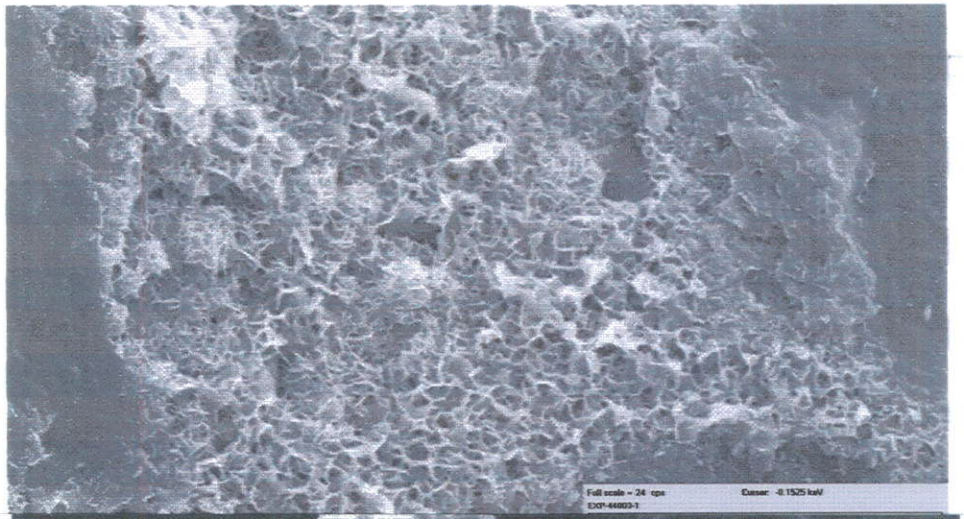
7.2.4. Análise de Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) auxiliou na identificação de minerais presentes nos sedimentos da área estudada, através da análise qualitativa da composição química dos grãos.

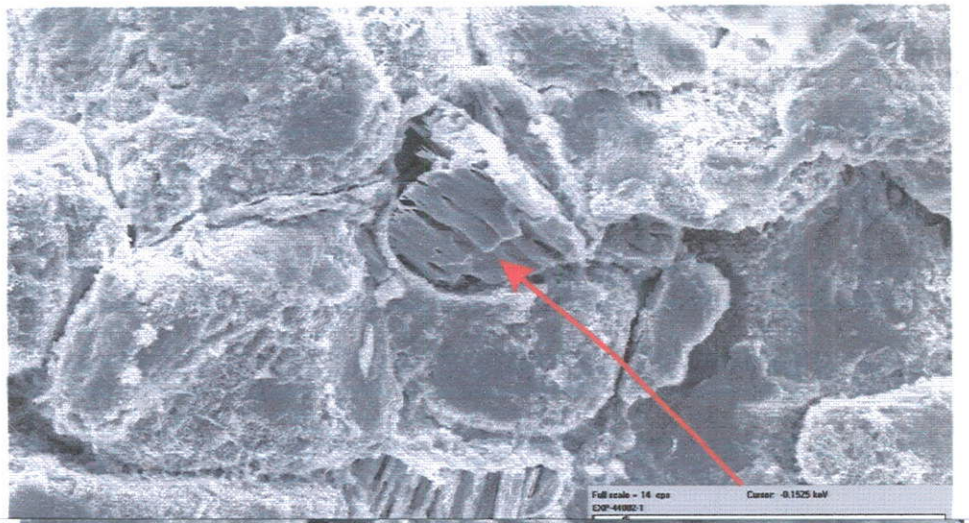
Na **Figura 7.7.** estão apresentadas imagens de cada mineral identificado através do MEV e EDS. A **Figura 7.7.A** apresenta a textura do argilomineral presente em toda a amostra. Através de comparações com imagens de argilominerais e do EDS pode-se afirmar que o mineral presente trata-se de montmorilonitas magnesianas e cálcicas. A **Figura 7.7.B** apresenta grão de anfibólios ou piroxênios cálcicos e magnesianos com estruturas de corrosão. A **Figura 7.7.C** mostra um feldspato sódico enquanto a **Figura 7.7.D** um feldspato cálcico. Observa-se que as estruturas de corrosão são mais pronunciadas no feldspato cálcico que no sódico, obedecendo à série de Goldich (**Figura 4.1.**). Nas figuras onde estão os feldspatos e anfibólio ou piroxênio aparece uma carapaça de montmorilonita ao redor dos grãos indicando o tamanho do mineral antes da corrosão. A **Figura 7.7.E** apresenta uma calcita ao lado de um anfibólio ou piroxênio.

As **Figuras 7.7.F, G e H** mostram grãos da fração pesada onde pode-se observar grãos de minerais com superfície de corrosão, de ferro e titânio (ilmenita), titânio, manganês e ferro, manganês e cromo, respectivamente. A presença de sílica nestes grãos provém de possíveis interferências de argilominerais localizados ao redor dos mesmos.

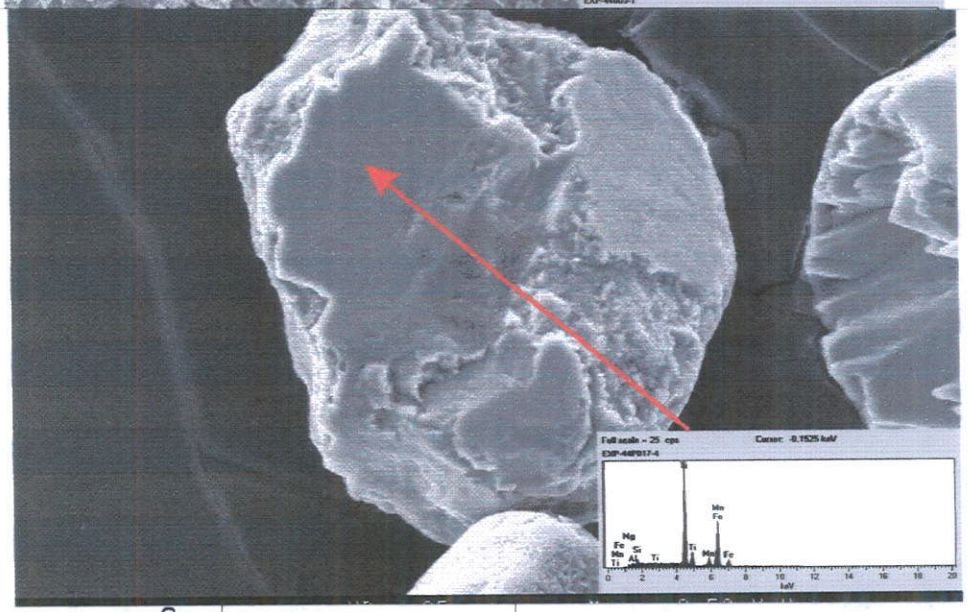
A



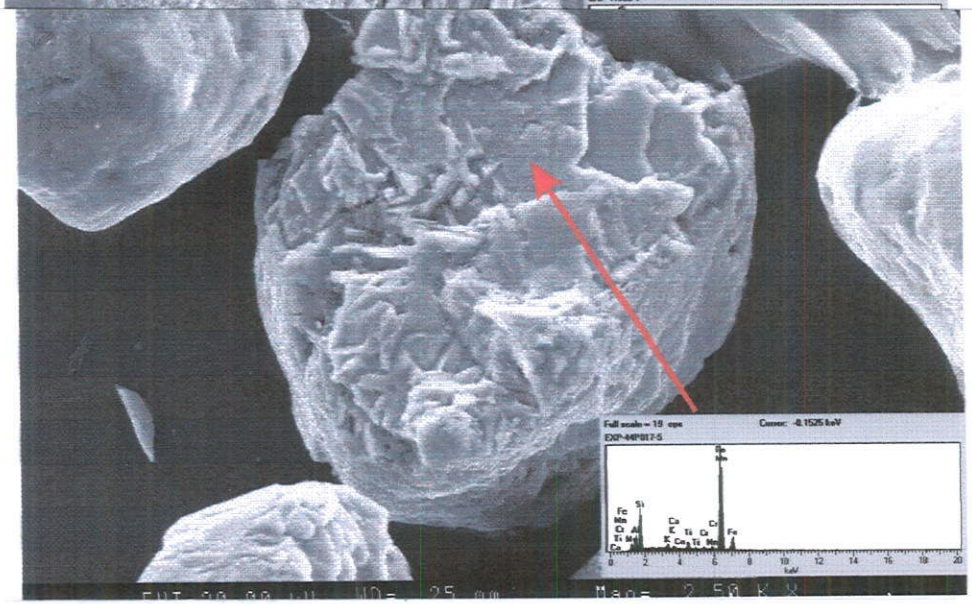
B



G

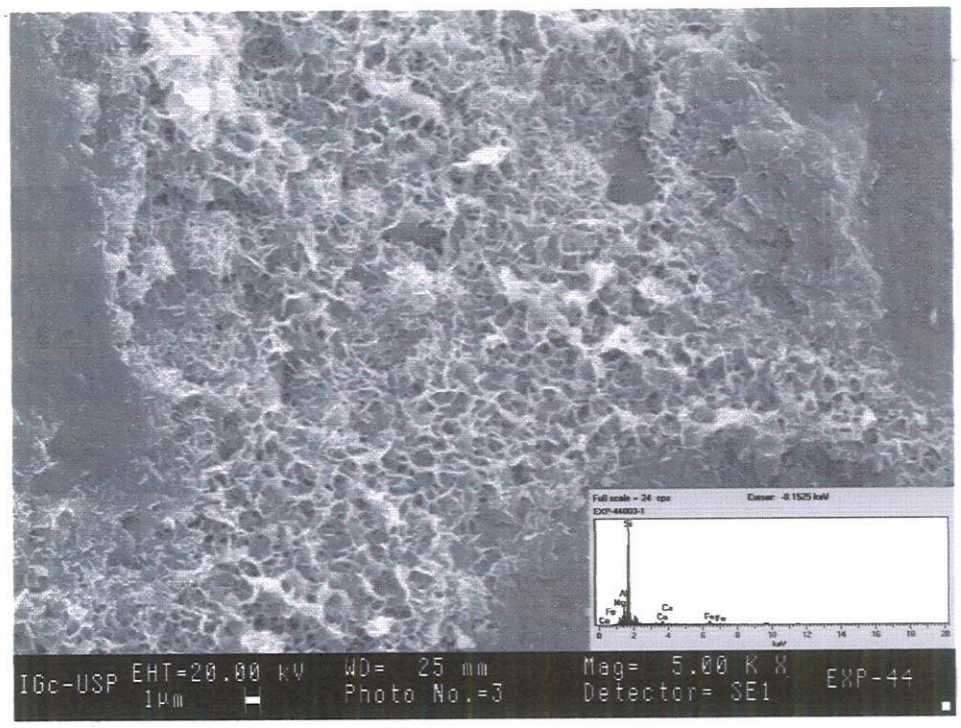


H

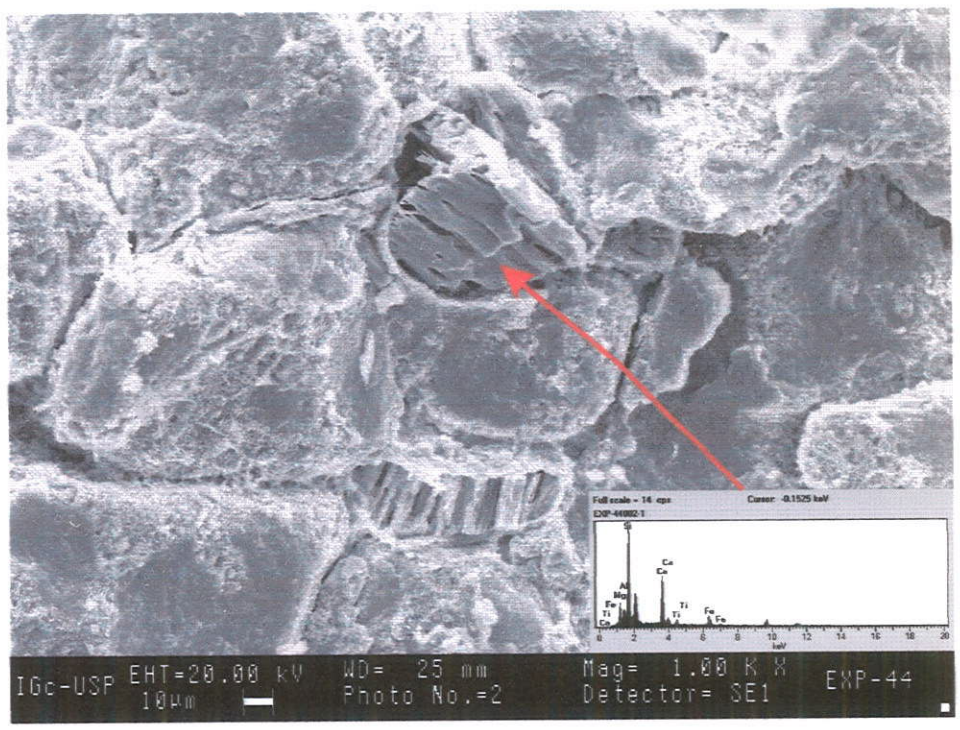


ondente

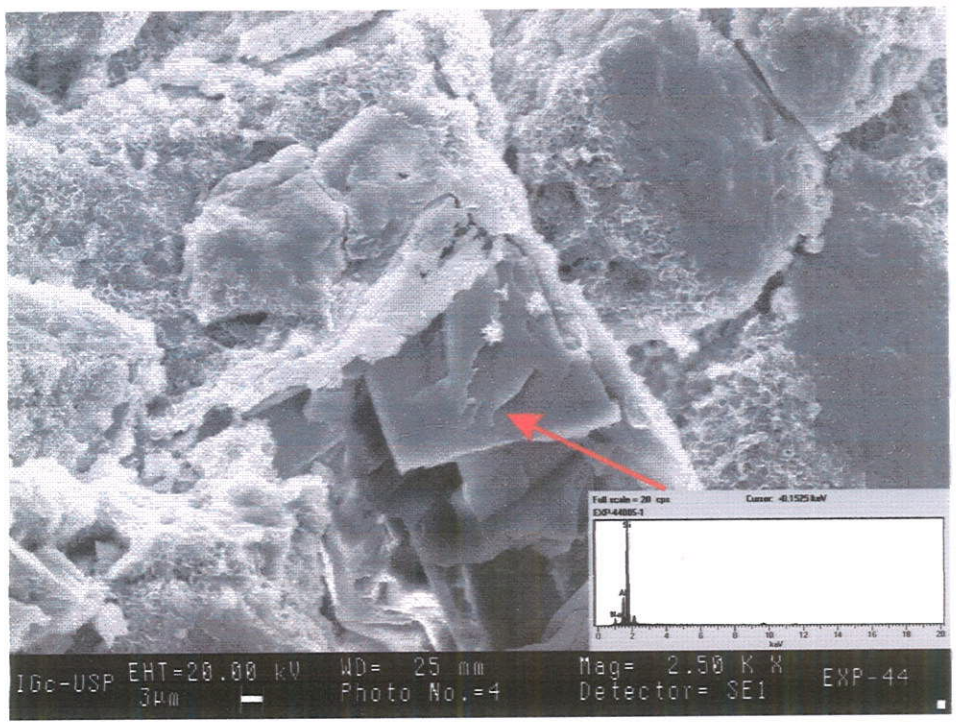
A


IGc-USP EHT=20.00 kV
1µm
WD= 25 mm
Photo No.=3
Mag= 5.00 K X
Detector= SE1
EXP-44

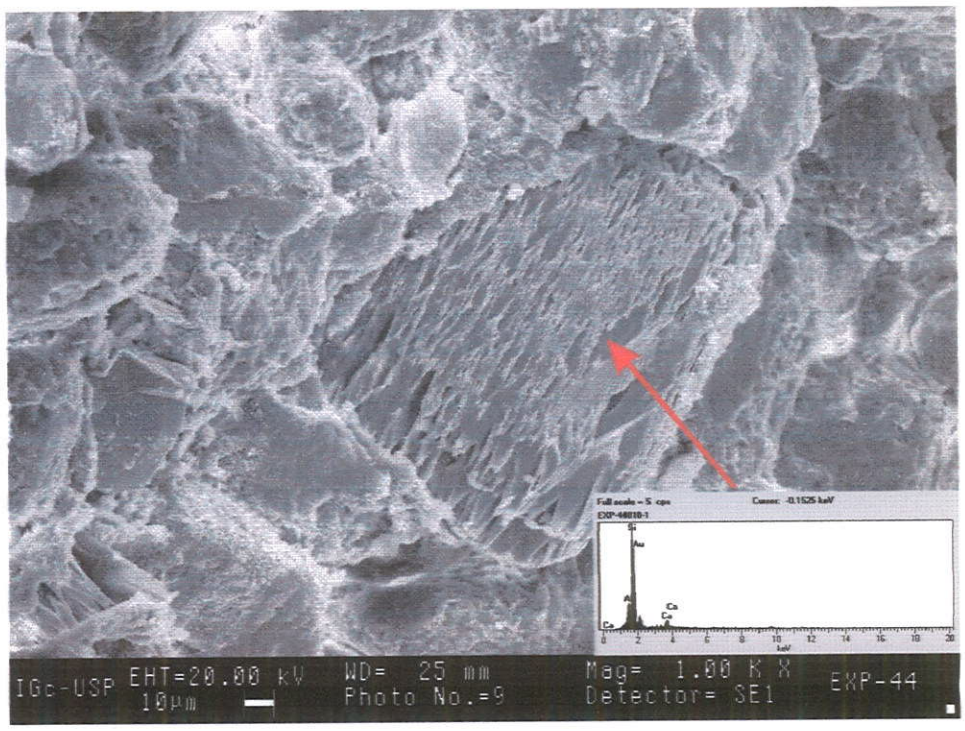
B


IGc-USP EHT=20.00 kV
10µm
WD= 25 mm
Photo No.=2
Mag= 1.00 K X
Detector= SE1
EXP-44

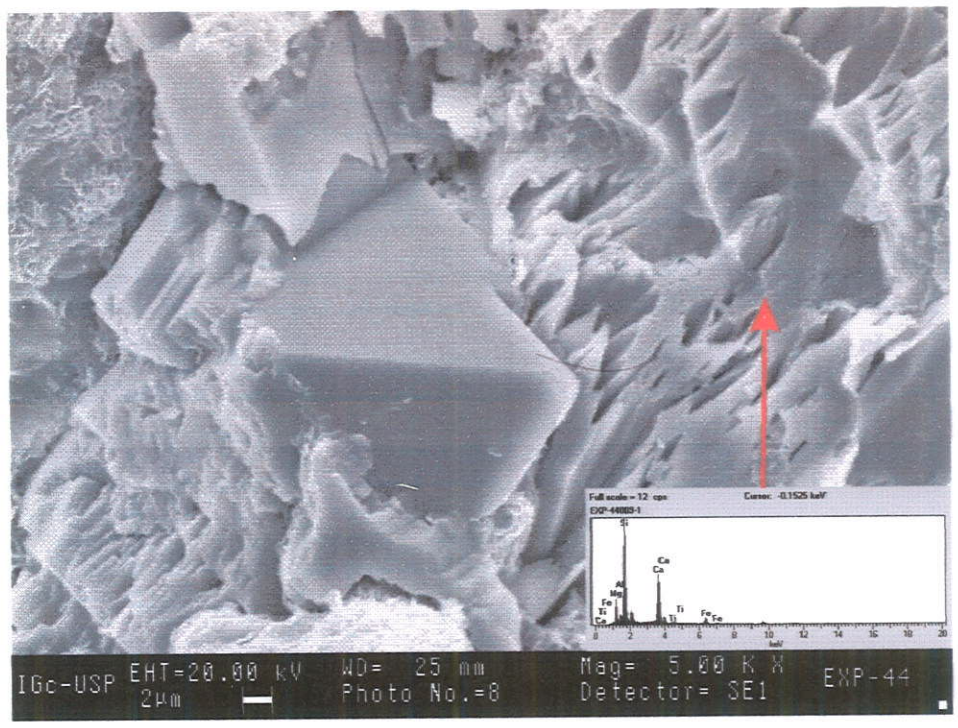
C


IGc-USP EHT=20.00 kV
3µm
WD= 25 mm
Photo No.=4
Mag= 2.50 K X
Detector= SE1
EXP-44

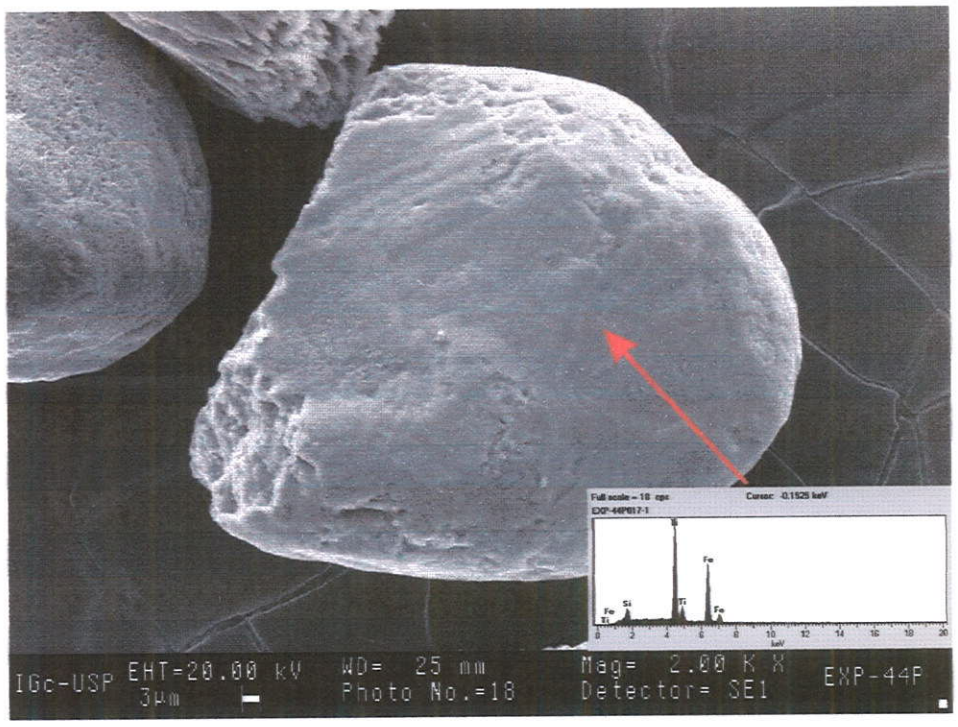
D


IGc-USP EHT=20.00 kV
10µm
WD= 25 mm
Photo No.=9
Mag= 1.00 K X
Detector= SE1
EXP-44

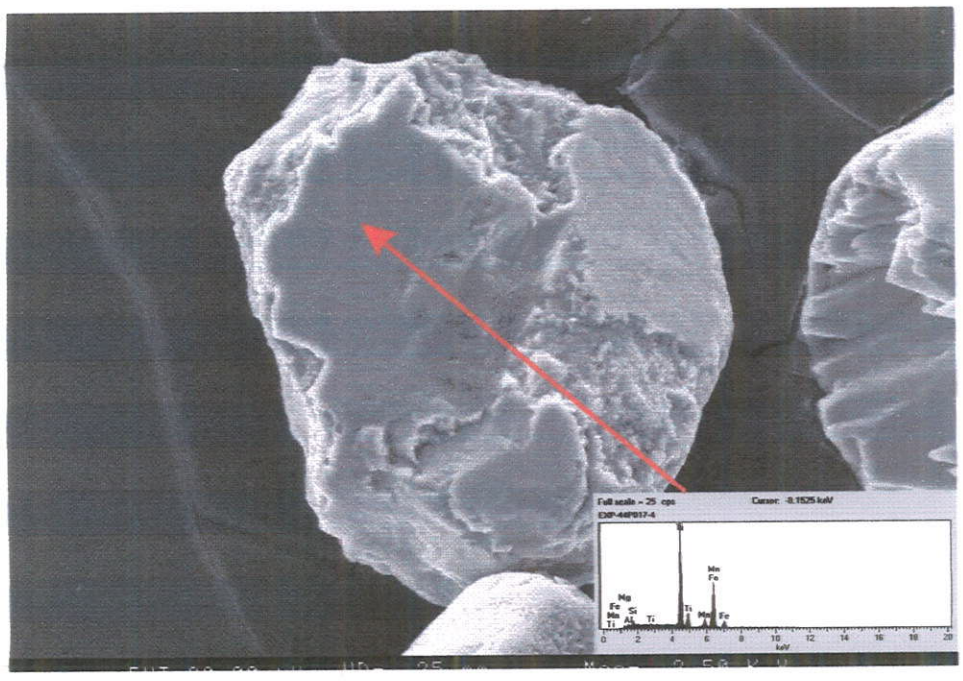
E


IGc-USP EHT=20.00 kV
2µm
WD= 25 mm
Photo No.=8
Mag= 5.00 K X
Detector= SE1
EXP-44

F


IGc-USP EHT=20.00 kV
3µm
WD= 25 mm
Photo No.=18
Mag= 2.00 K X
Detector= SE1
EXP-44P

G



H

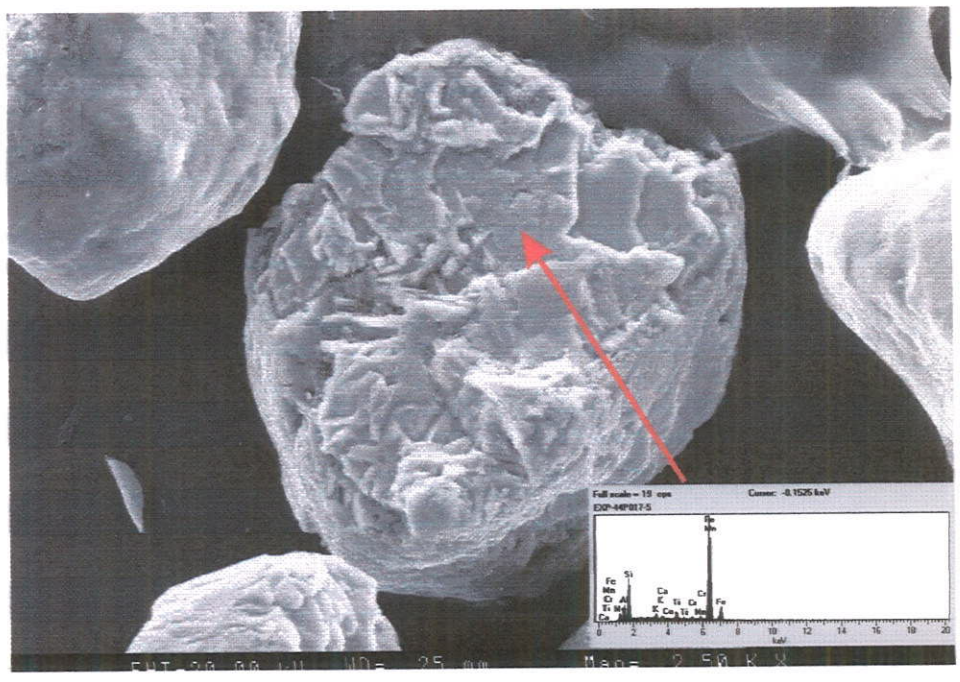


Foto A: Textura do argilomineral presente em toda amostra.
Foto B: Grão de anfibólio ou poroxênio com estrutura de corrosão.
Foto C: Grão de feldspato sódico.
Foto D: Grão de feldspato cálcico.
Foto E: Grão de calcita ao lado de um anfibólio ou piroxênio.
Foto F: Grão de mineral pesado, provável ilmenita.
Foto G: Grão de mineral pesado composto por titânio, ferro e magnésio.
Foto H: Grão de mineral pesado composto por ferro e manganês.

Figura 7.7.: Imagens de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e DES correspondente

7.2.5. Análise química por ICP/AES - Plasma

As **Figuras 7.8. e 7.9.** apresentam os resultados das análises totais de ICP/AES – Plasma em função da profundidade, para as perfurações EXP e ESC, respectivamente.

Os perfis das perfurações EXP e ESC apresentam comportamentos semelhantes. Ambos possuem larga predominância de SiO_2, com médias de 76 a 78% em massa. O Fe_2O_3 e Al_2O_3 possuem porcentagens de massa semelhantes, porém no perfil EXP, o Fe_2O_3 é o segundo mais abundante (média de 5% em massa) seguido pelo Al_2O_3 (4% em massa), enquanto que no perfil ESC, o Al_2O_3 é o segundo mais abundante (10% em massa), seguido pelo Fe_2O_3 (7% em massa). As concentrações de CaO, MgO, K_2O e Na_2O são em geral muito baixas e em alguns casos estão bem próximas do limite de detecção do equipamento. Porém o CaO é o quarto mais abundante com médias de 3,0 a 3,5% em massa, seguido pelos MgO (1,5%), K_2O (1%) e Na_2O (0,3%).

Nota-se nas **Figuras 7.8. e 7.9.** que o Fe_2O_3 e Al_2O_3 tendem a diminuir com a profundidade demonstrando que as rochas mais profundas são menos alteradas que as mais rasas. Os cátions aumentam a partir de 18 m para a perfuração ESC e 30 m para a perfuração EXP, indicando que os níveis até essas profundidades são mais lixiviados. É possível notar que quando há um aumento relativo de SiO_2 há uma diminuição na porcentagem de cátions e vice-versa. Esse fato pode ser explicado a partir da presença de níveis mais arenosos onde predominam grãos de quartzo que são ricos em sílica e pobres em cátions e níveis mais pobres em quartzo com maior diversidade de minerais e conseqüentemente mais ricos em cátions.

No ponto EXP-44 (**Figura 7.8.**), observa-se que os valores obtidos para SiO_2, CaO e MgO são bastante discordantes dos demais. Essa diferença pode ter sido causada pela forma de amostragem deste ponto, sendo este a única amostra indeformada do perfil. Porém apesar das duas formas de amostragem terem gerado dados de concentração diferentes, observa-se que as tendências das curvas dos gráficos apresentam uma certa lógica química, tornando as análises representativas do meio.

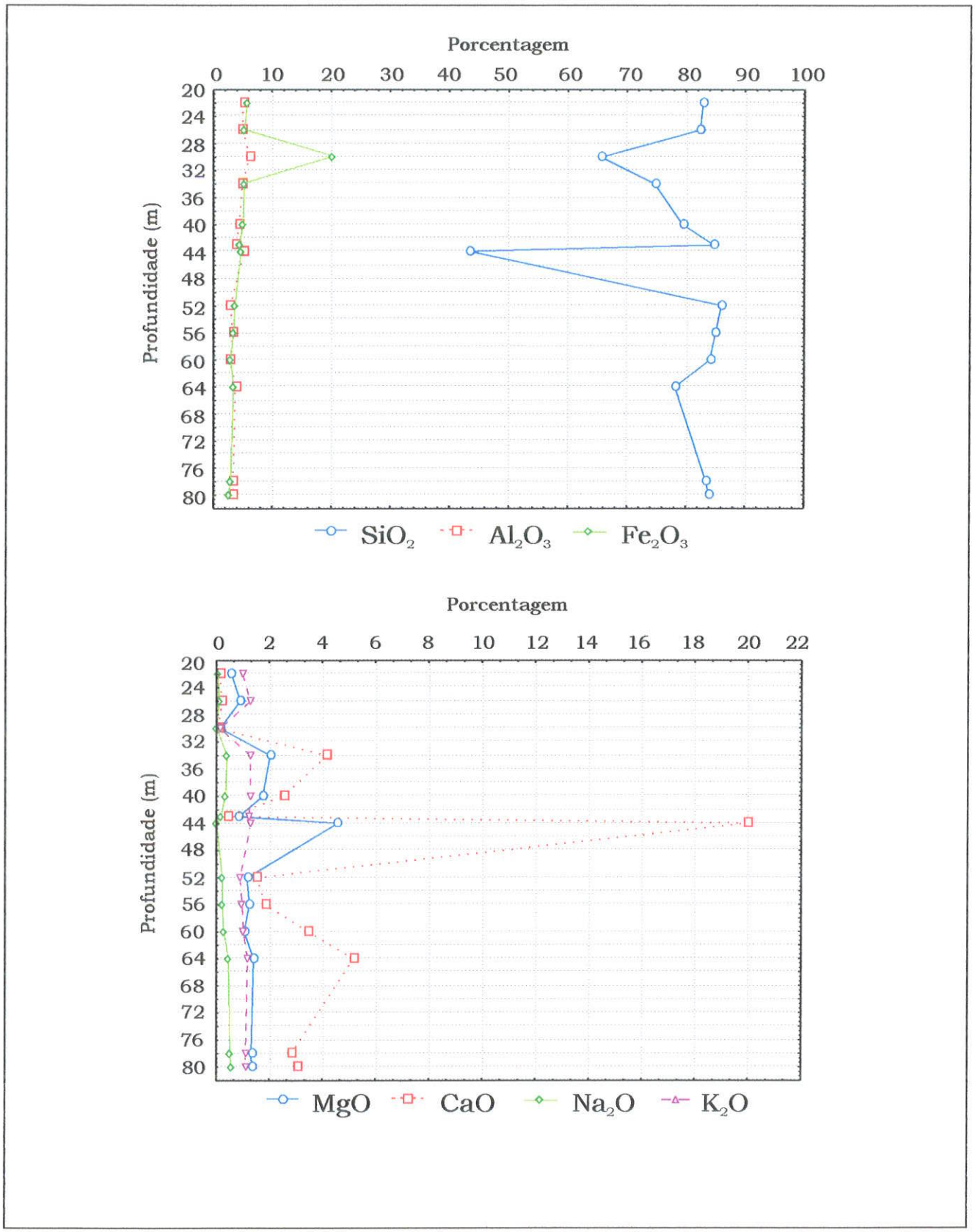


Figura 7.8.: Variação da composição química do perfil EXP com a profundidade

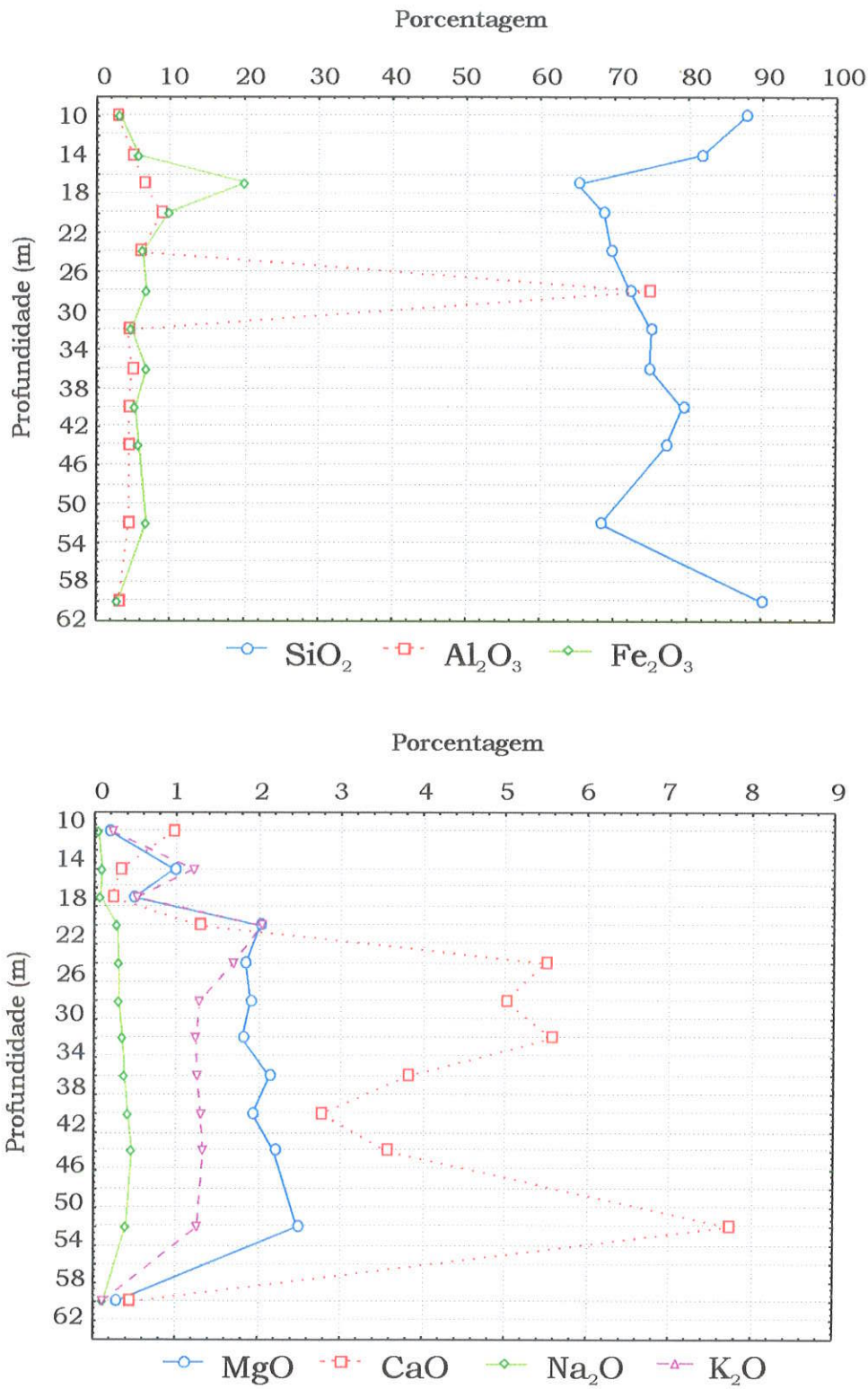


Figura 7.9.: Variação da composição química do perfil ESC com a profundidade

As **Tabelas 7.2. e 7.3.** apresentam matrizes de correlação dos resultados de ICP/AES-Plasma para as perfurações EXP e ESC, respectivamente.

Nas duas matrizes de correlação é possível observar que existem correlações negativas do SiO_2 com o Al_2O_3 e Fe_2O_3 indicando prováveis trocas entre esses elementos ou simples alteração dos minerais silicáticos, a SiO_2 também apresenta correlação negativa com o K_2O, CaO, MgO, Ba e Sr, ou seja, os intervalos quartzosos são pobres nesses elementos.

Ocorrem correlações positivas entre Na_2O, CaO, MgO, K_2O, Ba e Sr, sendo que, esses elementos, com algumas exceções, possuem correlações positivas com o Al_2O_3 e negativas com o Fe_2O_3, indicando que eles estão associados a minerais aluminossilicáticos.

Tabela 7.2.: Matriz de correlação da análise química da perfuração EXP.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	TiO_2	Ba	Sr	Zr
SiO_2	1,000	***-0,617***	-0,373	***-0,741***	***-0,836***	0,425	0,057	0,136	0,039	0,133	***-0,733***	0,193
Al_2O_3		1,000	***0,733***	0,102	0,152	***-0,590***	-0,280	0,232	0,474	-0,059	0,073	0,429
Fe_2O_3			1,000	-0,311	-0,180	-0,497	***-0,821***	-0,272	0,179	-0,432	-0,295	0,530
MgO				1,000	***0,954***	-0,021	0,525	0,063	-0,087	0,286	***0,954***	-0,483
CaO					1,000	-0,120	0,349	-0,112	-0,255	0,042	***0,953***	***-0,570***
Na_2O						1,000	0,333	-0,240	-0,377	0,471	0,119	-0,408
K_2O							1,000	***0,623***	0,170	***0,683***	0,472	-0,379
MnO								1,000	***0,763***	0,513	-0,093	0,364
TiO_2									1,000	0,514	-0,239	***0,817***
Ba										1,000	0,268	0,123
Sr											1,000	***-0,608***
Zr												1,000

Os valores em itálico e negrito indicam correlações com intervalo de significância de 95%.

Tabela 7.3.: Matriz de correlação da análise química da perfuração ESC.

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	MnO	TiO_2	Ba	Sr	Zr
SiO_2	1,000	-0,205	***-0,700***	-0,555	-0,447	-0,359	***-0,602***	-0,533	-0,337	***-0,576***	-0,465	0,147
Al_2O_3		1,000	0,031	0,174	0,233	0,080	0,147	0,458	0,249	0,201	0,121	0,292
Fe_2O_3			1,000	-0,102	-0,242	-0,230	0,032	0,014	-0,083	-0,062	-0,219	-0,175
MgO				1,000	***0,766***	***0,933***	***0,839***	***0,818***	***0,765***	***0,940***	***0,871***	0,076
CaO					1,000	**0,733**	0,469	0,500	0,503	***0,677***	***0,955***	0,091
Na_2O						1,000	***0,672***	***0,619***	***0,660***	0,869	***0,850***	0,075
K_2O							1,000	***0,836***	0,534	***0,912***	0,572	-0,168
MnO								1,000	***0,782***	***0,787***	0,552	0,173
TiO_2									1,000	0,539	***0,624***	0,567
Ba										1,000	***0,764***	-0,172
Sr											1,000	0,094
Zr												1,000

Os valores em itálico e negrito indicam correlações com intervalo de significância de 95%.

7.2.6. Análise de capacidade de troca catiônica, pH e matéria orgânica

As **Figuras 7.10. e 7.11.** apresentam os resultados das análises de capacidade de troca de cátions (CTC) e dos principais cátions formadores de CTC em função da profundidade, para as perfurações EXP e ESC, respectivamente.

Observa-se na **Figura 7.10.** que a CTC tende a aumentar até a profundidade de 44m, diminui de 44m para 52m, aumenta novamente até 64m e diminui novamente. Os cátions Ca, Mg, K e Na possuem o mesmo comportamento da curva de CTC, enquanto o Na apresenta essa semelhança apenas até a profundidade de 64m. O principal cátion adsorvido é o Ca, seguido pelo Mg, H, Na e K. A matéria orgânica apresenta concentração de 5 g/dm^3 na profundidade de 22m passando a 3 g/dm^3 a 26m e finalmente para 2g/dm^3 a 30m, mantendo-se constante até o final do perfil. O pH tende a aumentar do início ao final do perfil passando de 5,2 a 7,3.

Na profundidade de 44 m ocorre um aumento significativo de CTC e das concentrações Ca, Mg, Na e K. Esse ponto representa à única amostra indeformada coletada em todo o perfil, desta forma acredita-se que a diferença na forma de coleta das amostras deve ter influenciado o resultado.

A **Figura 7.10.** mostra que no perfil da perfuração ESC a CTC aumenta até a profundidade de 20 m e depois tende a diminuir em direção à profundidade de 60m. As curvas dos cátions Ca, Mg, Na e K possuem o mesmo comportamento da curva de CTC. O Al permanece constante ao longo de todo o perfil, com concentração de 0,03 meq/100g. O H aumenta até a profundidade de 17 m e depois tende a diminuir com valores que variam de 0,57 a 0,67 meq/100g. Como no perfil da perfuração EXP, o principal cátion adsorvido é o Ca, seguido pelo Mg, H, Na e K. O pH máximo do solo a 10 m é de 7,3 abaixando para o mínimo de 6,2 a 14 m e variando entre 7,1 e 7,5 até o final do perfil. A concentração de matéria orgânica permaneceu constante ao longo de todo o perfil, com valor de 2 g/dm^3.

No perfil da perfuração EXP os valores de CTC variam ao redor de 6,7 a 32,3 meq/100g enquanto que na ESC variam de 3,1 a 25,1 meq/100g. Levando-se em conta que toda a CTC é atribuída à fração fina dos sedimentos, e que esta fração corresponde a 19% da massa total dos sedimentos, calcula-se que a ordem da CTC na fração fina varia de 32 a 169,6 meq/100g na perfuração EXP e de 16,5 a 132,1 meq/100g na ESC. Esses valores de CTC indicam que o provável material adsorvente tem que possuir uma capacidade de troca de cátions entre 16 e 170 meq/100g. Comparando estes valores com os encontrados na literatura, conclui-se que a partir dos minerais descritos na rocha, a montmorilonita é o que melhor se encaixa, sendo ela o principal material adsorvente no meio físico.

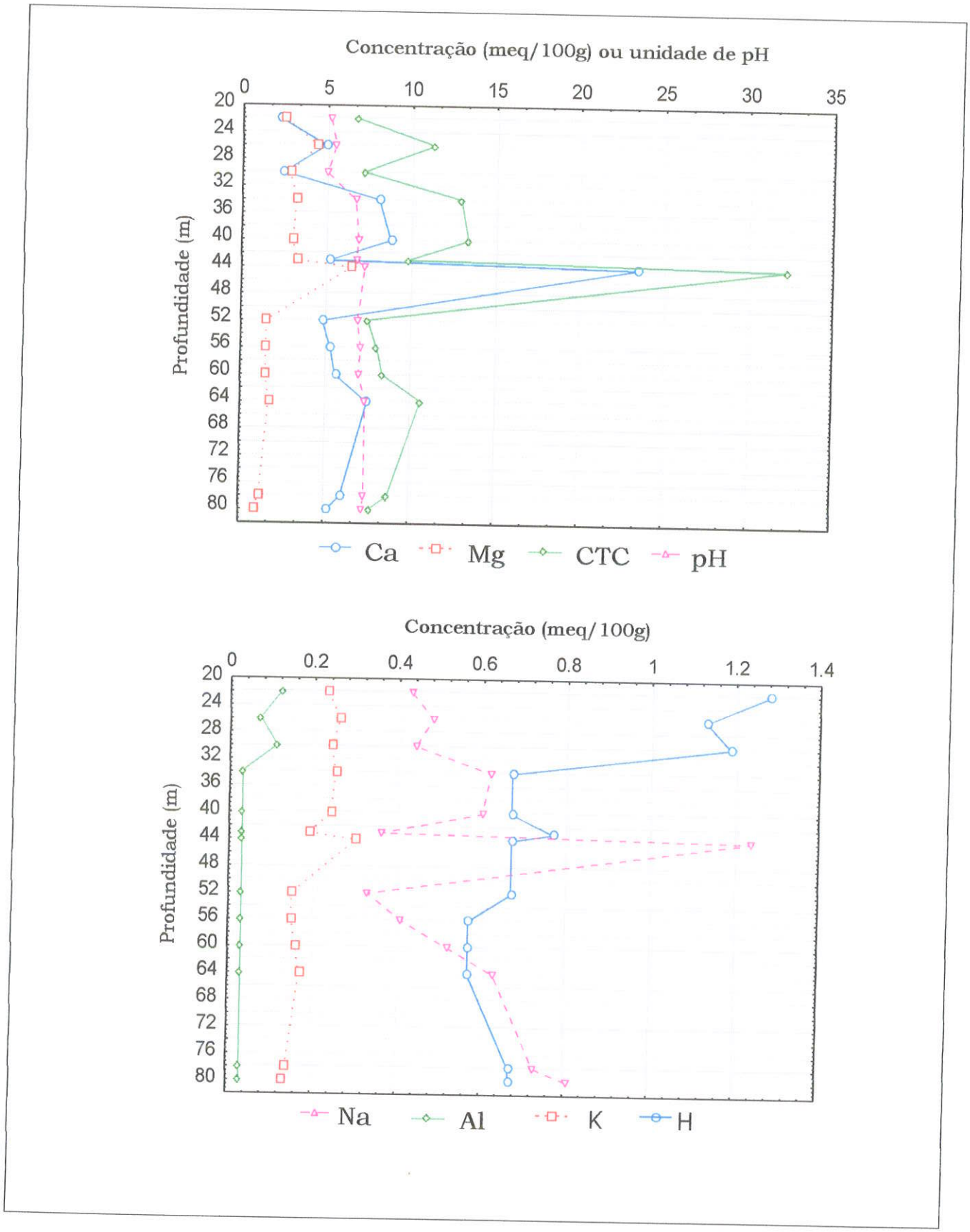


Figura 7.10.:Resultados da análise de CTC na perfuração EXP

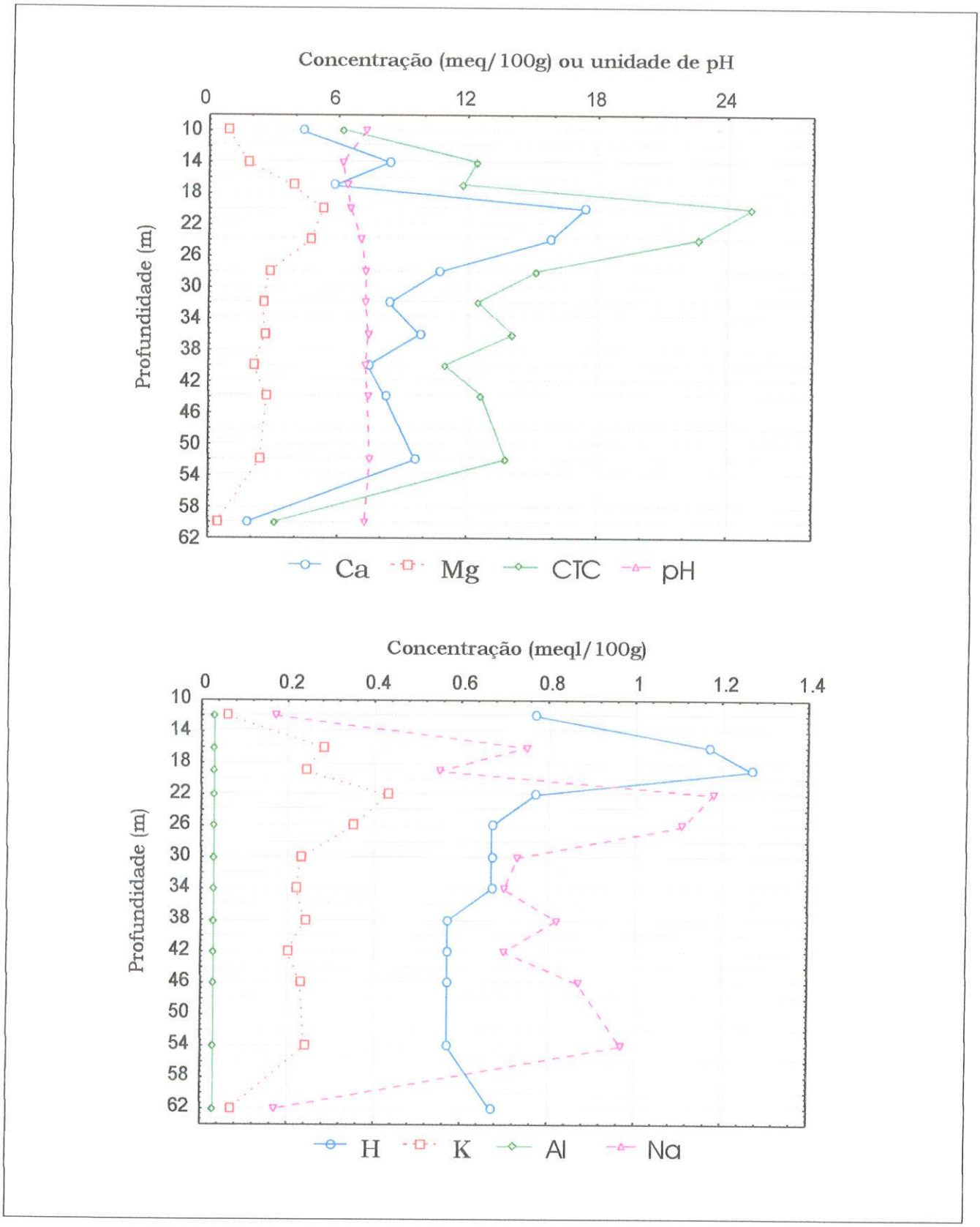


Figura 7.11.:Resultados da análise de CTC na perfuração ESC

As **Figuras 7.12. e 7.13.** apresentam uma normalização das concentrações dos cátions adsorvidos em relação a CTC ao longo dos perfis EXP e ESC, respectivamente.

Observa-se que na **Figura 7.12.** a relação Ca/CTC tende a aumentar em direção ao fim do perfil, enquanto que a Mg/CTC, a K/CTC, a Al/CTC e a H/CTC possuem comportamentos contrários, indicando uma provável troca desses elementos. A relação Na/CTC apresenta comportamento semelhante às relações Mg, K e Al/CTC até a profundidade de 43 m, onde a partir do qual apresentas pontos com comportamento contrário. A partir de 64 m observa-se que o Mg/CTC mostra tendência oposta aos demais parâmetros.

O comportamento das relações entre cátions e CTC para o perfil de perfuração ESC pode ser observado na **Figura 7.13.**, onde também é possível notar trocas catiônicas do Ca e Na com o H, Mg, Al e K, ao longo de mais de 60% dos pontos analisados.

As **Tabelas 7.4. e 7.5.** ilustram as matrizes de correlação entre as análises de CTC nas perfurações EXP e ESC. Nota-se que existem correlações positivas entre os cátions trocáveis (cálcio, potássio, magnésio e sódio) e a CTC. O pH possui correlação negativa com o H, Al e a matéria orgânica, que por sua vez têm correlação positiva com o H e o Al. Não foram observadas correlações entre a matéria orgânica e a CTC ou cátions adsorvidos.

Tabela 7.4.: Matriz de correlação da análise de capacidade de troca de cátions para a perfuração EXP.

	MO	pH	K	Ca	Mg	H	Al	CTC	Na
MO	1,000	***-0,635***	0,260	-0,293	0,091	***0,728***	***0,735***	-0,148	-0,228
pH		1,000	-0,474	0,453	-0,221	***-0,955***	***-0,936***	0,264	0,447
K			1,000	0,500	***0,906***	0,466	0,379	***0,662***	0,322
Ca				1,000	***0,706***	-0,378	-0,412	***0,974***	***0,854***
Mg					1,000	0,265	0,125	***0,843***	0,473
H						1,000	***0,950***	-0,186	-0,303
Al							1,000	-0,254	-0,312
CTC								1,000	***0,800***
Na									1,000

Os valores em itálico e negrito indicam correlações com intervalo de significância de 95%.
MO – Matéria Orgânica
CTC – Capacidade de Troca de Cátions

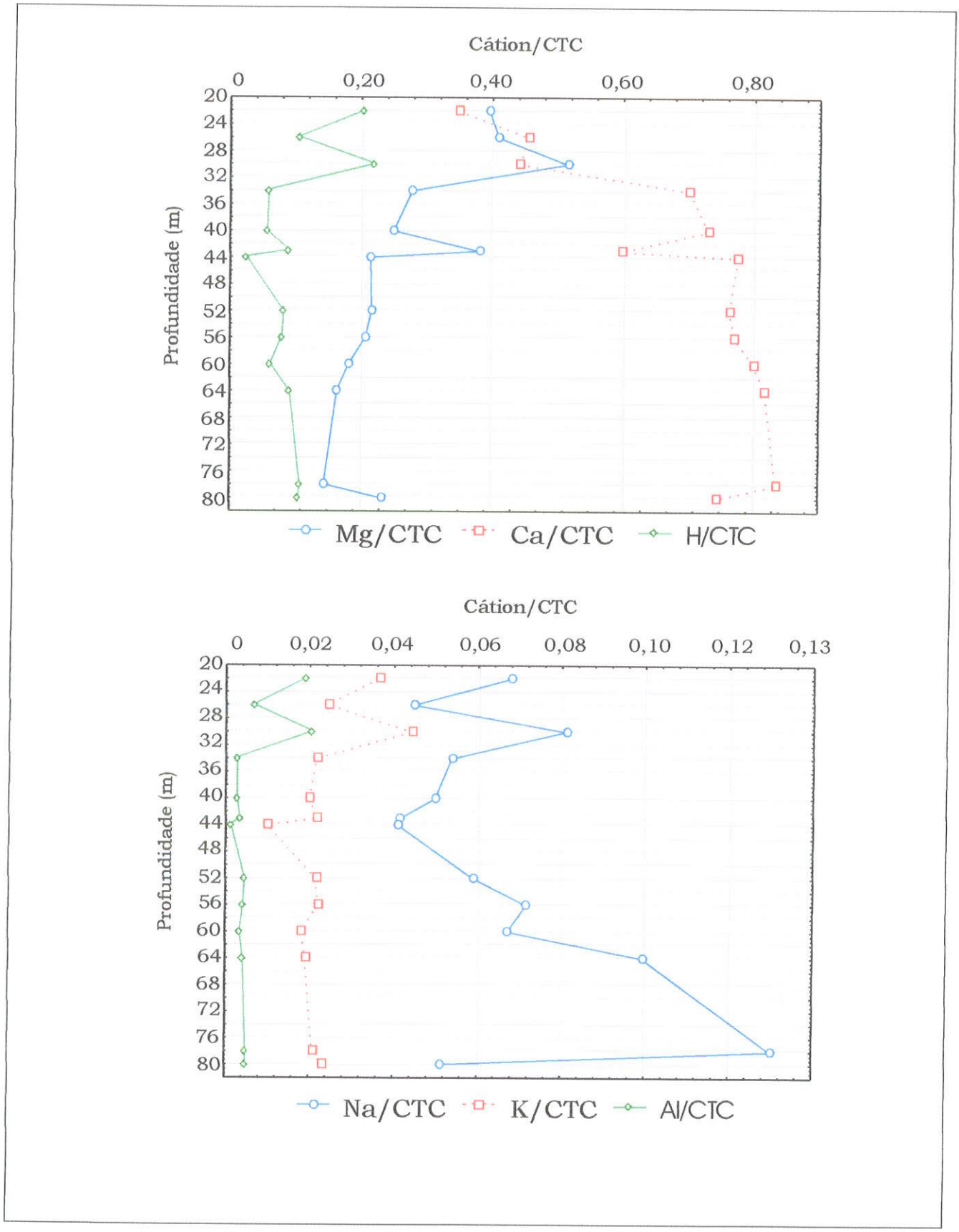


Figura 7.12.: Relação entre íons adsorvidos e CTC na perfuração EXP

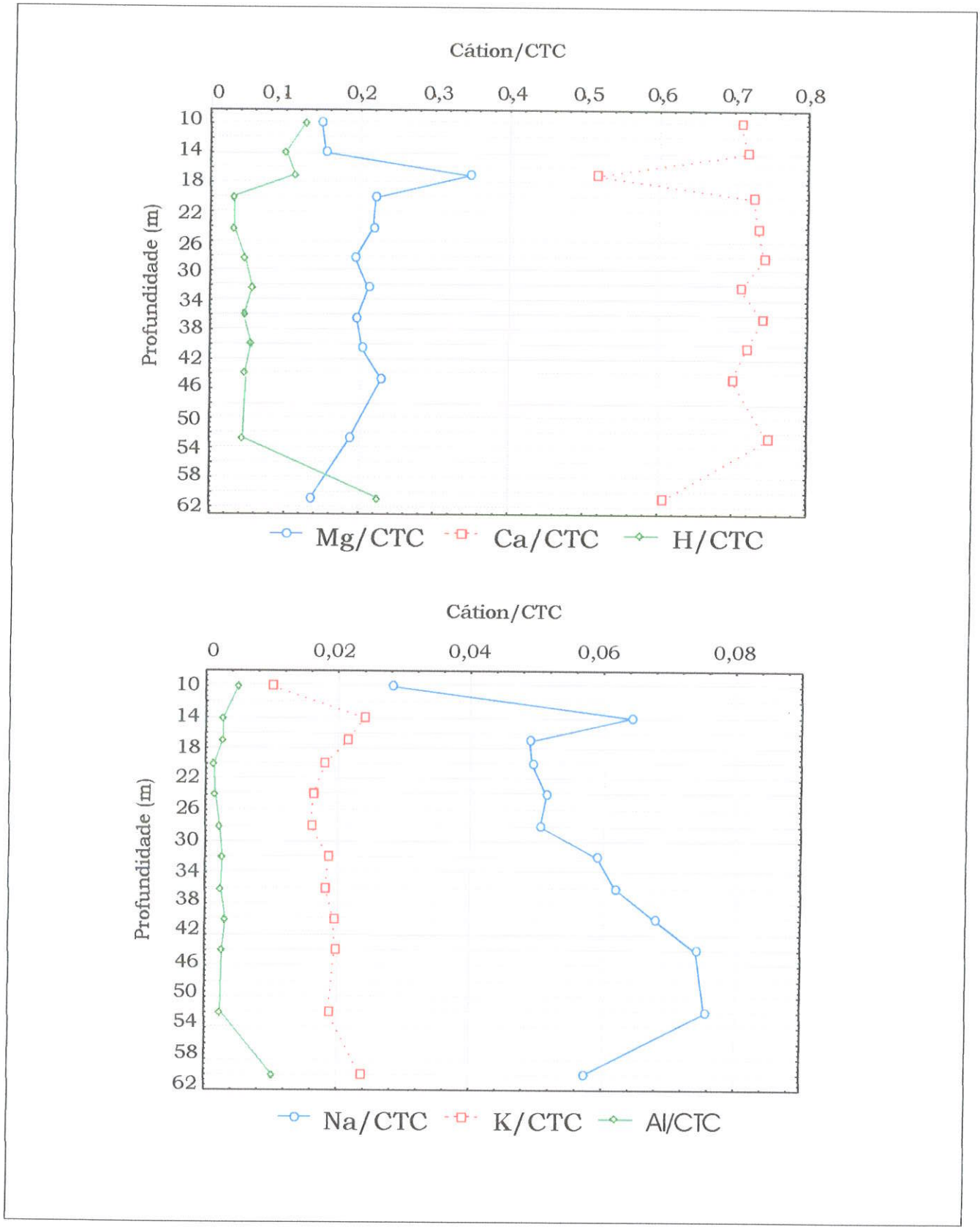


Figura 7.13.: Relação entre íons adsorvidos e CTC na perfuração ESC

Tabela 7.5.: Matriz de correlação da análise de capacidade de troca de cátions para a perfuração ESC.

	pH	K	Ca	Mg	H	CTC	Na
PH	1,000	-0,451	-0,175	-0,360	***-0,902***	-0,269	-0,125
K		1,000	***0,919***	***0,900***	0,126	***0,949***	***0,924***
Ca			1,000	***0,857***	-0,153	***0,988***	***0,911***
Mg				1,000	0,130	***0,925***	***0,801***
H					1,000	-0,042	-0,185
CTC						1,000	***0,904***
Na							1,000

Os valores em itálico e negrito indicam correlações com intervalo de significância de 95%.
MO – Matéria Orgânica
CTC – Capacidade de Troca de Cátions

7.3. Caracterização da água subterrânea

O **Anexo 3** apresenta os resultados das análises químicas para as seis campanhas realizadas ao longo de três anos. Nessas campanhas foram coletadas amostras dos poços cacimbas (PC) de baixa profundidade representando a zona de águas rasas e de recarga (ZR), tubulares profundos da SABESP (PP) de zonas profundas ou de descarga (ZP) e tubulares particulares com profundidades e zonas intermediárias (ZI) aos outros dois citados anteriormente.

Na primeira campanha de amostragem (junho/1998) não foi analisada a alcalinidade nos poços cacimbas e nos poços tubulares particulares, representantes das zonas rasa e intermediária, respectivamente. Enquanto que apenas nas últimas três campanhas (junho/1999, abril/2000 e outubro/2000) foram coletadas amostras de sílica (SiO_2).

Em março/1999 foram efetuadas amostragens em diferentes tempos de bombeamento nos poços PP-2 e PP-4 e amostras estratificadas (em profundidades determinadas) nos PP-1, PP-6 e PP-8. Na campanha de maio/1999 foram feitas coletas em diferentes tempos de bombeamento, durante 24 horas, nos poços PP-2 e PP-4 e limpeza com coleta estratificada nos poços PP-6 e PP-8.

Em setembro de 2001 foram coletadas amostras de sílica após filtragem em membranas de 0,2μm e 0,1μm, para checagem dos resultados coletados anteriormente.

7.3.1. Resultados das análises físico-químicas

O **Anexo 3** apresenta os resultados das análises químicas de águas e o **Anexo 4** os resultados estatísticos básicos destas análises.

Observa-se no **Anexo 3** que em geral as amostras de água possuem temperaturas elevadas. Os poços cacimbas (PC) apresentam as maiores temperaturas, seguido pelos poços tubulares (PT) e profundos da SABESP (PP). Ocorrem variações de temperaturas da água subterrânea ao longo das estações do ano, onde elas tende a aumentar no verão e diminuir no inverno, com variações de 13 a 36 °C e média de 26 °C, especialmente nos poços mais rasos. As maiores temperaturas foram detectados nos poço rasos (PC's) que encontram-se fechados e com uma maior incidência do sol.

O Eh medido em campo apresenta valores médios de 498,7 mV para poços da zona rasa (ZR), 476,9 mV para poços tubulares particulares da zona intermediária (ZI) e 456,4 mV para os poços profundos da SABESP da zona profunda ou de descarga (ZP), refletindo um ambiente oxidante para o meio em todo o período monitorado. Nota-se uma diminuição dos valores médios de Eh com a profundidade, porém não são observadas variações temporais, a exceção da última campanha (outubro de 200) que possui valores mais baixos para as três zonas indicando um provável erro de medição.

Ao contrário do Eh, o pH possui um aumento com a profundidade, apresentando valores médios de 5,7 para a zona rasa, 6,5 para a zona intermediária e 7,5 para a zona profunda ou de descarga. A condutividade elétrica (CE) tende a diminuir com a profundidade com valores médios de 225,9 μS/cm para a ZR, 213,7μS/cm para a ZI e 195,5μS/cm para a ZP refletindo uma diminuição de sais dissolvidos das águas rasas para as profundas. Tanto o pH quanto a CE não apresentam variações temporais.

Nos gráficos e tabelas do **Anexo 4** foram calculados os parâmetros estatísticos dos três tipos de poços e suas respectivas zonas para cada campanha de amostragem. Observa-se que para alguns parâmetros o desvio padrão possui valores semelhantes à média, indicando grande variação da concentração do parâmetro na campanha de amostragem. Dos íons o sulfato, o cloreto, o cálcio, o sódio, o fosfato e o flúor são os que mais sofrem variações nas concentrações para a mesma campanha de amostragem.

A partir deste resultado constatou-se que a média não é o valor mais representativo da concentração dos íons em uma determinada campanha e sua utilização torna inconsistente o estudo hidroquímico. Desta forma achou-se necessário à realização de histogramas a fim de se descobrir qual o valor estatístico mais representativo, sendo então confeccionados os histogramas presentes no **Anexo 4**, onde devido à insuficiência de dados não é possível identificar um padrão. Contudo, as interpretações sobre a evolução dos íons serão feitas a partir do diagrama de Piper e perfis de isoconcentração para cada íon em cada evento de amostragem.

Ainda com relação aos dados das análises químicas do **Anexo 3**, observa-se que os metais pesados chumbo, cádmio e prata não foram detectados em nenhuma das análises realizadas. Além destes elementos, o nitrito, brometo, ferro total, manganês, alumínio, níquel, zinco, cobre e cromo total foram raramente detectados nas análises e na maior parte das vezes muito próximos ou até mesmo abaixo dos limites de detecção. Assim sendo, todos os elementos citados anteriormente não são analisados nas considerações hidrogeoquímicas que se seguem. O fosfato, o bário, o estrôncio e sulfato foram freqüentemente detectados, porém com valores próximos ao limite de detecção.

7.3.2. Classificação hidrogeoquímica

A classificação hidrogeoquímica foi feita a partir do diagrama de classificação do tipo Piper para cada campanha de amostragem. A **Figura 7.14.** mostra a localização das amostras de água analisadas nos diagramas para cinco dos seis eventos de amostragem, uma vez que a primeira amostragem (junho de 1998) não pode ser representada pois não foi analisado o parâmetro alcalinidade.

Observa-se no triângulo dos ânions, que o íon mais abundante nas águas rasas (ZR) é o cloreto, nas águas mais profundas e de descarga (ZP) é o bicarbonato e nas águas intermediárias (ZI) há uma mistura de cloreto e bicarbonato, mas ocorre uma concentração maior de pontos no lado das águas bicarbonatadas. Para os cátions observa-se que nas águas mais rasas ocorre o predomínio do sódio porém também são observados pontos na parte cálcica, nas águas intermediárias há predomino de cálcio e nas águas profundas e de descarga ocorre uma mistura entre o cálcio e o sódio, porém ocorre um predomínio de pontos na parte cálcica. Ainda em correlação aos cátions, nota-se que as água cálcicas possuem maior concentração de magnésio que as sódicas.

Analisando o losango do diagrama de Piper, com algumas exceções, é possível dizer que as águas intermediárias e rasas mais sódicas tendem a ser mais cloretadas e as mais cálcicas tendem a ser mais bicarbonatada. As águas profundas e de descarga sódicas e cálcicas tendem a ser sempre bicarbonatadas.

Pelos diagramas é possível identificar três fácies hidrogeoquímicas distintas correlacionada com a profundidade do poço. As águas mais rasas da zona de recarga são classificadas como cloretadas cálcica e secundariamente cloretadas sódicas, as águas da zona intermediária são predominantemente bicarbonatadas cálcica e secundariamente cloretadas cálcica e as águas da zona profunda e de descarga são bicarbonatadas cálcica, secundariamente bicarbonatadas sódicas e por último cloretada cálcica.

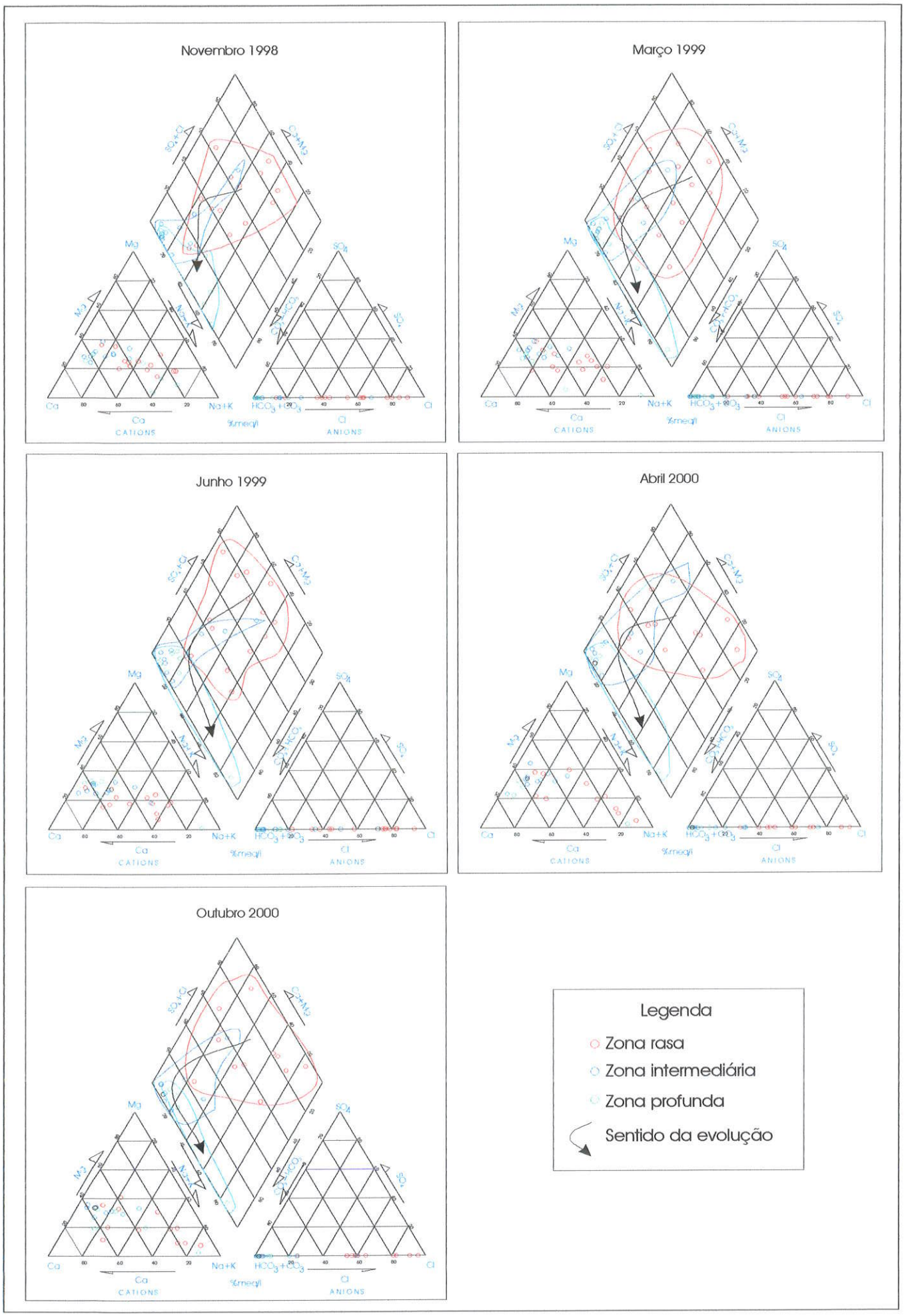


Figura 7.14.: Diagrama de classificação de Piper

Em síntese, a água subterrânea do Aqüífero Adamantina em Urânia, passa de cloretada cálcica nas porções mais rasas do aqüífero (fluxos locais e área de recarga), para bicarbonatada cálcica nas porções mais profundas do aqüífero (fluxos profundos e áreas de descarga), ocorrendo uma mistura de águas destas duas características nas profundidades intermediárias. Porém a água da zona de descarga, representada pelo poço jorrante PP-5, possui característica de bicarbonatada sódica.

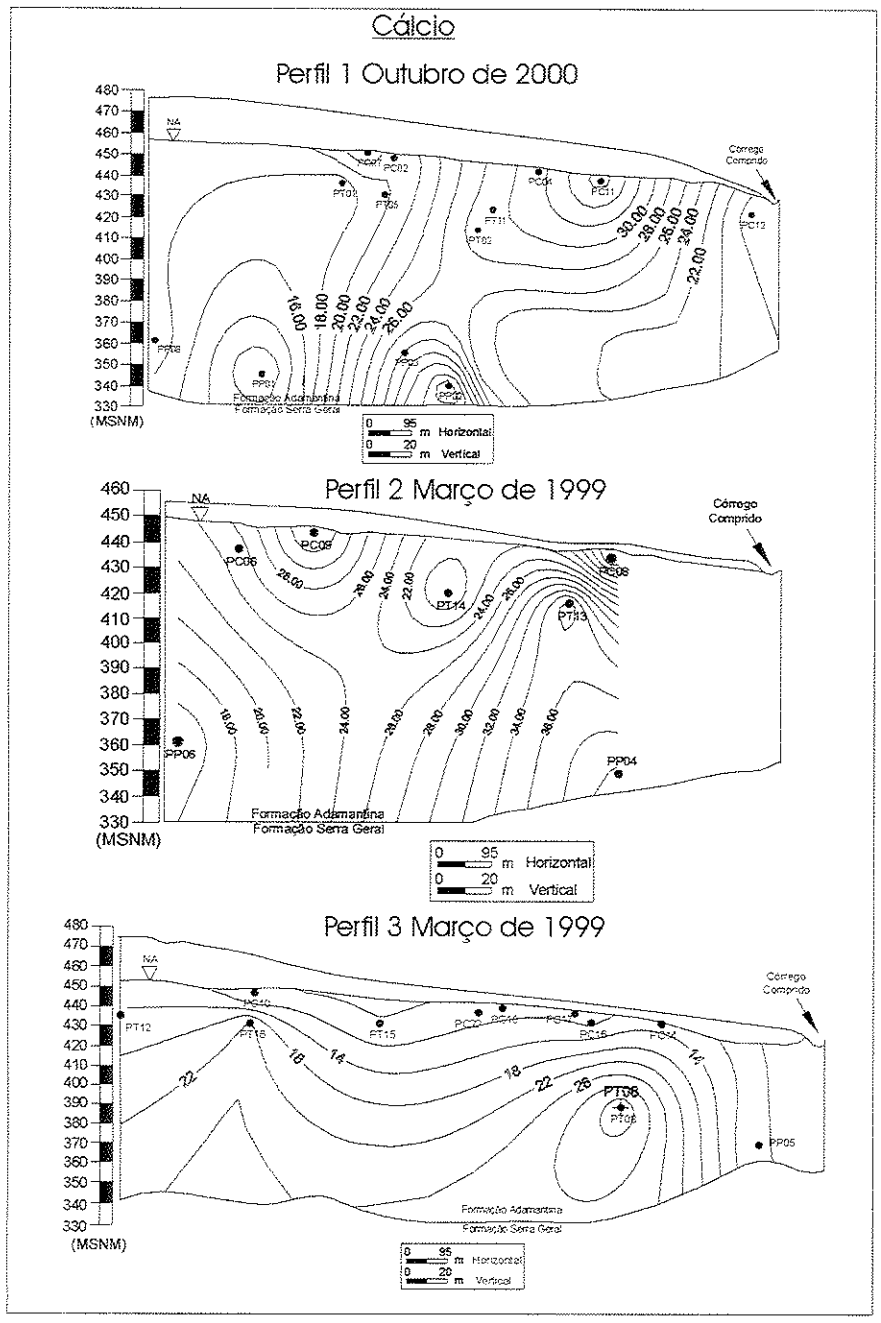
7.3.3. Variações da composição química com a profundidade

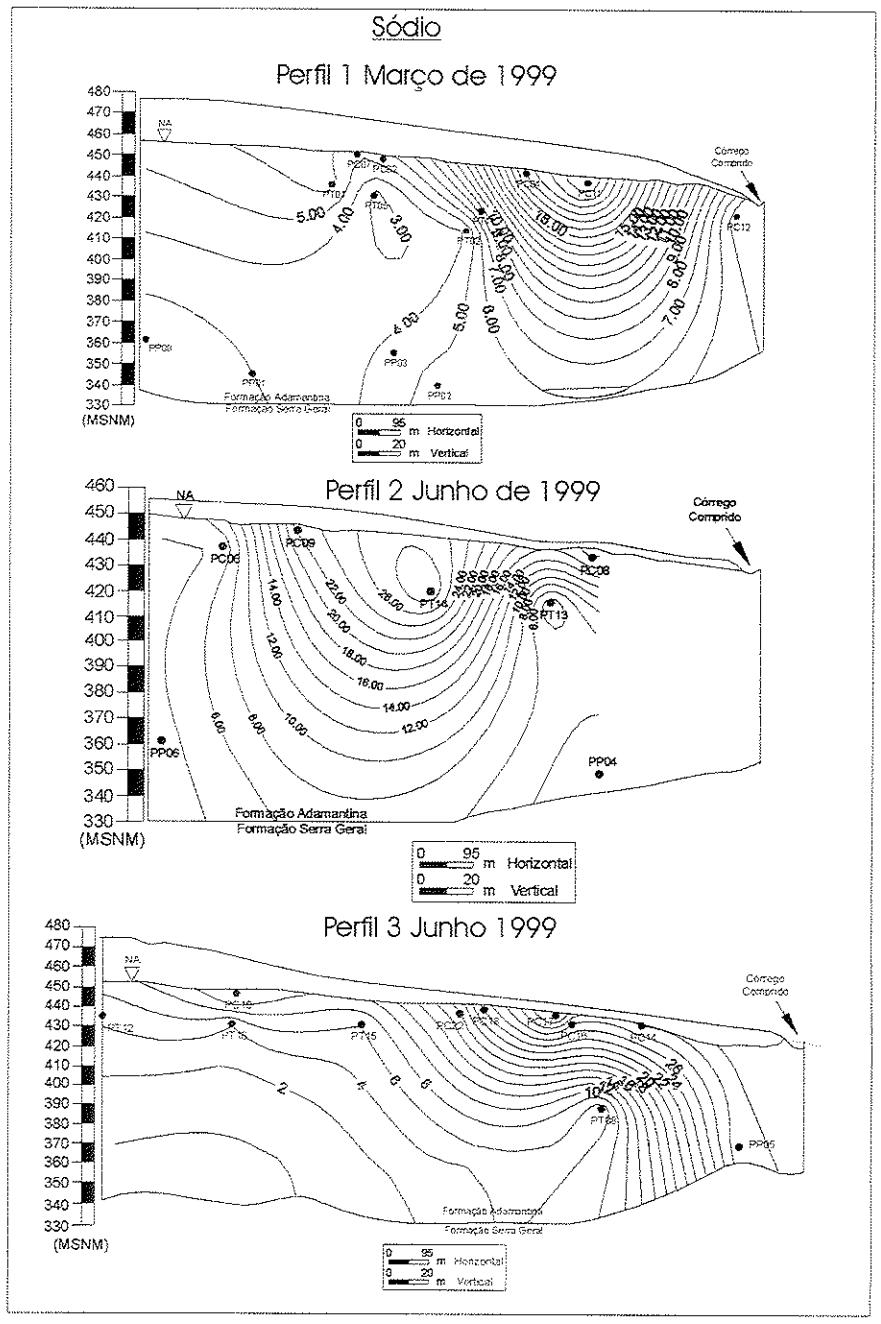
Uma vez que a estatística não apresentou resultados para uma boa análise hidrogeoquímica, foram confeccionados 3 perfis a fim de descrever as variações químicas do aqüífero estudado. A localização de cada perfil pode ser observada na **Figura 6.1.**.

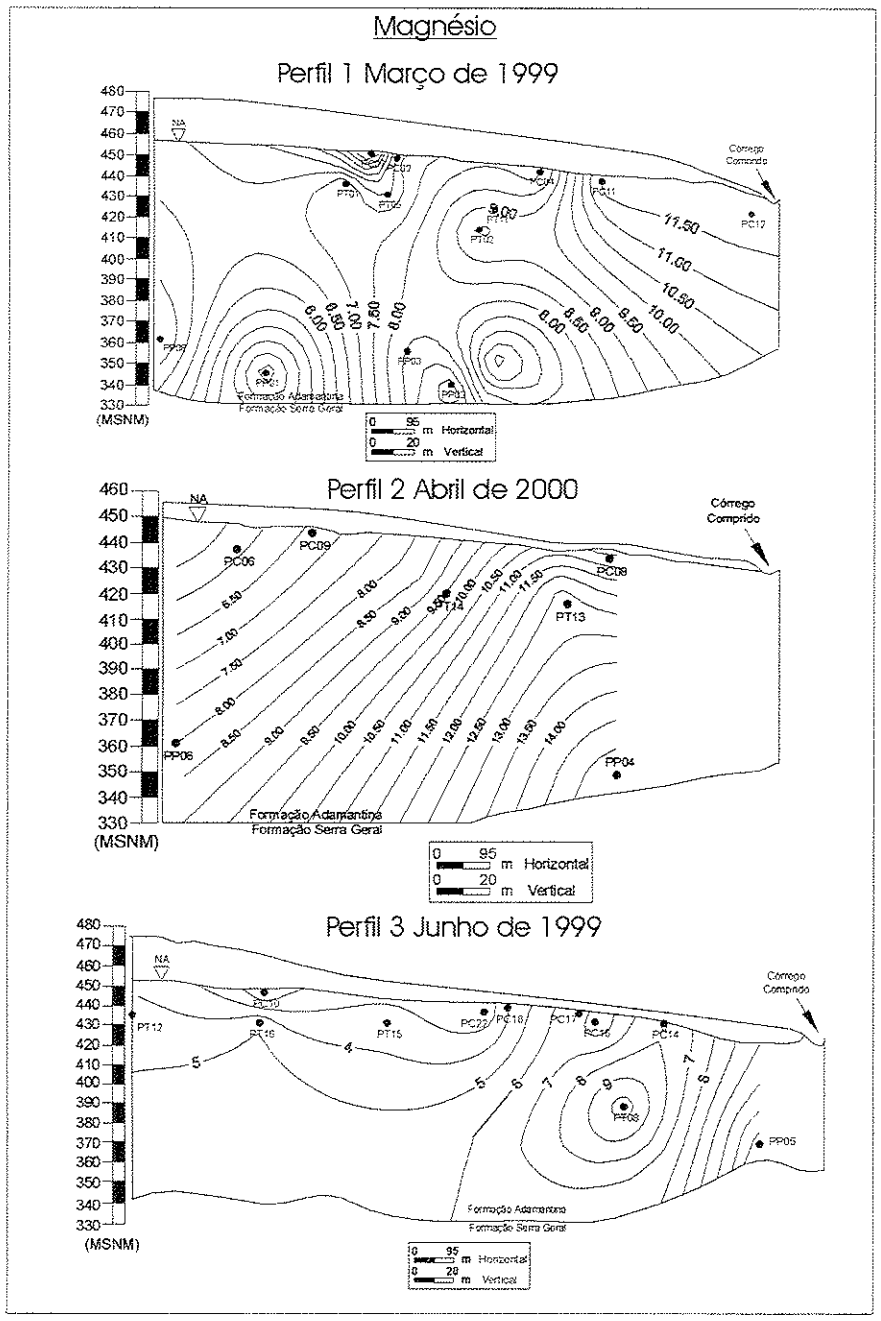
Através dos perfis da **Figura 7.15.**, observa-se que o cálcio é o cátion com maiores concentrações, seguido pelo sódio, magnésio e potássio. Nota-se que nos Perfis 1 e 2 o cálcio e o magnésio tendem a aumentar as suas concentrações com a profundidade e em direção a zona de recarga, já no Perfil 3 o cálcio e o magnésio tendem a aumentar até a zona intermediária e voltam a concentrações menores na zona de descarga representada pelo poço PP-5. O sódio e potássio tendem a diminuir com a profundidade, porém no Perfil 3 o sódio tende aumentar da zona intermediária para zona de descarga (PP-5) enquanto o potássio continua a diminuir.

Na **Figura 7.16.** observa-se que o ânion mais abundante é o bicarbonato, seguido pelo nitrato e por último o cloreto. O cloreto e o nitrato tendem a diminuir com a profundidade enquanto o bicarbonato tende a aumentar. Nota-se que a sílica também tende a aumentar em relação à profundidade.

Na **Figura 7.17.** observa-se que o pH tende a acompanhar a alcalinidade aumentando em relação à profundidade, enquanto que a condutividade elétrica tende a diminuir devido à queda na concentração de cloreto, nitrato, sódio e potássio. O Eh como é de se esperar tende a diminuir com a profundidade devido à diminuição de oxigênio nas partes mais profundas do aqüífero.







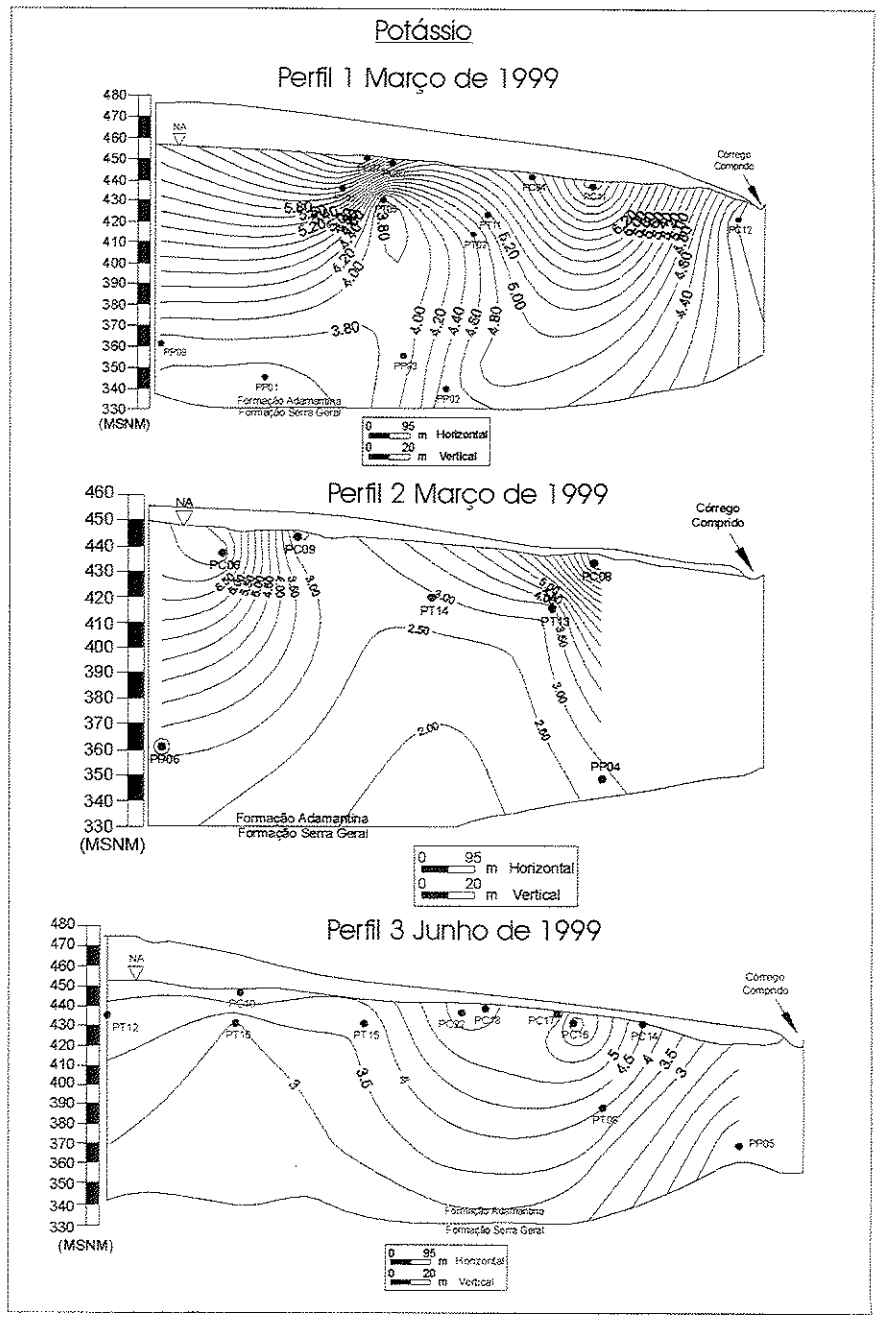


Figura 7.15.: Perfis de isoconcentrações para cálcio, sódio, potássio e magnésio (mg/L)

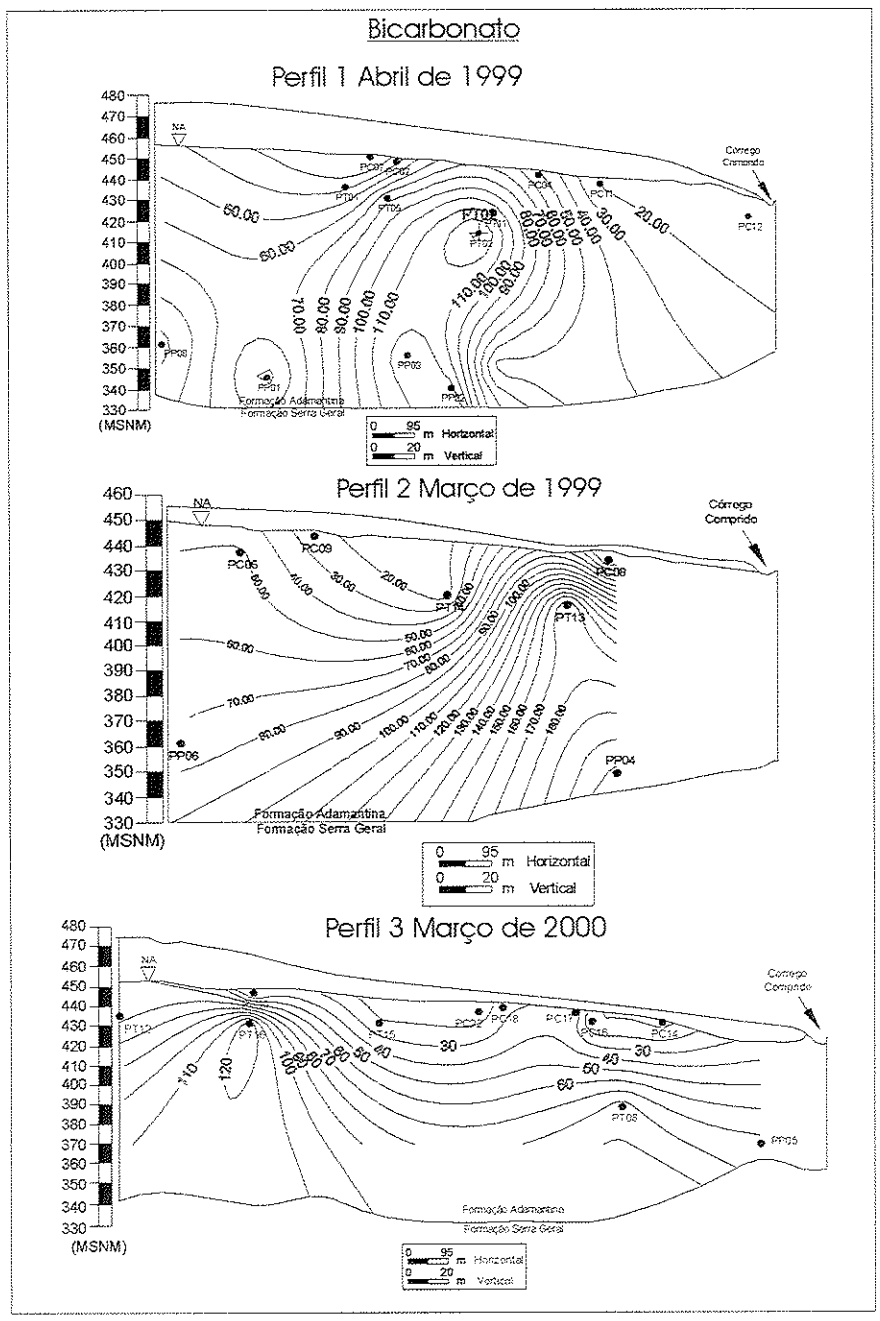


Figura 7.16.: Perfis de isoconcentrações para bicarbonato, nitrato, cloreto e sílica (mg/L)

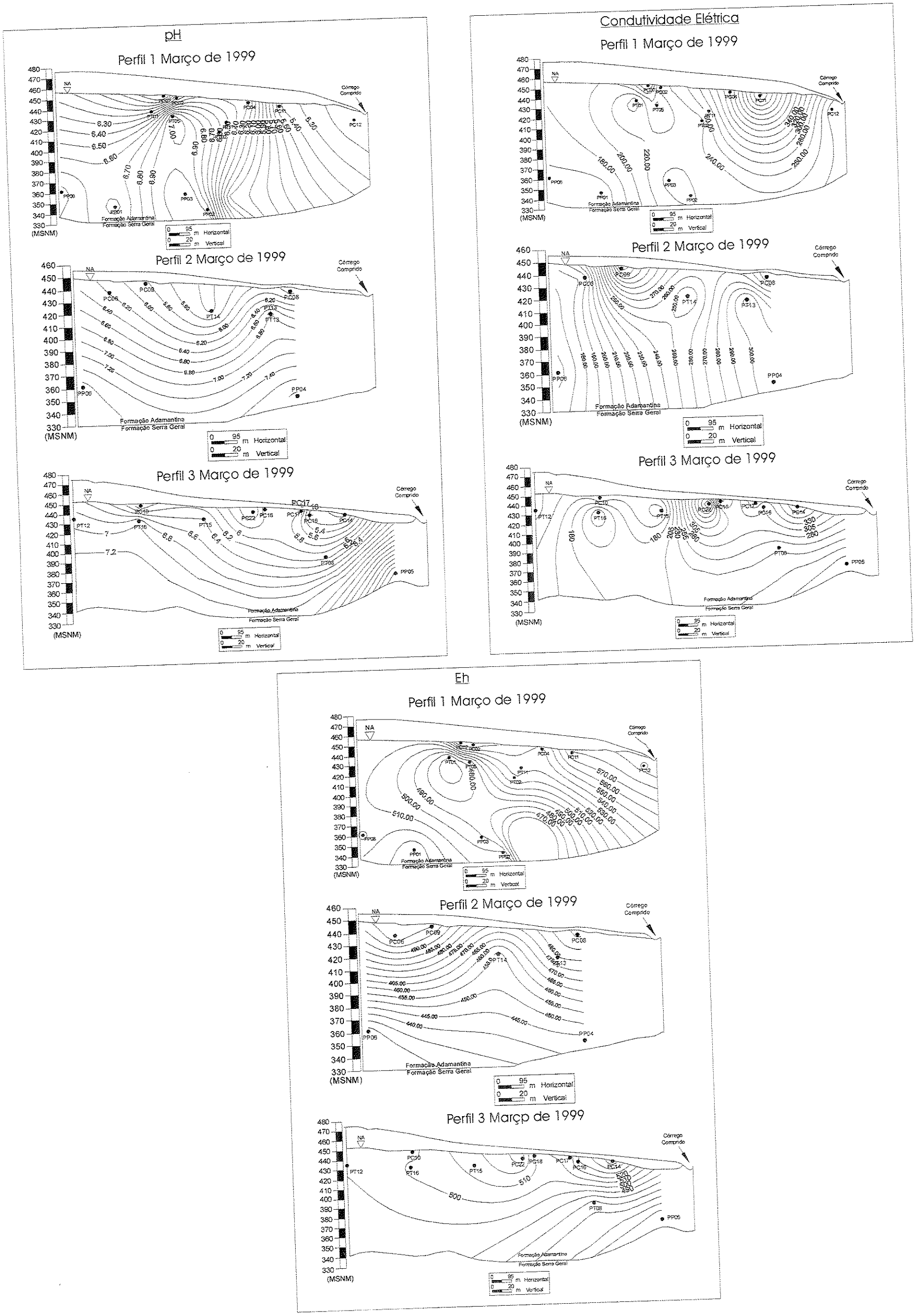


Figura 7.17.: Perfis de isoconcentrações para pH, condutividade elétrica (mS/cm) e Eh (mV)

Nota-se através do contorno das linhas de isoconcentração para alguns parâmetros, que em alguns perfis as águas subterrâneas dos poços tubulares (PT) possuem características de poços tubulares profundos da SABESP (PP). Esse fato pode ser observado nos poços PT-5 do Perfil 1, PT-13 do Perfil 2 e PT-12 e 16 do Perfil 3 que coincidentemente são os poços tubulares (PT) mais explorados. Os poços PT-12, 13 e 16 são utilizados para irrigar plantações e o PT-5 para encher a caixa d'água da fábrica de móveis da cidade de Urânia.

Ao comparar os perfis de diferentes campanhas de amostragem, não foi observada nenhuma variação química temporal significativa.

Para auxiliar na interpretação das variações dos parâmetros, as **Tabelas 7.6., 7.7. e 7.8.** apresentam as matrizes de correlação dos parâmetros químicos analisados na água para cada zona do aqüífero. Foram consideradas como correlacionado os pares cujo coeficiente de correlação linear possui nível de significância igual a 1% (Davis, 1986).

Na zona rasa e de recarga (ZR) foi observada uma forte correlação positiva entre nitrato, cloreto, flúor, fosfato, sódio, cálcio, bário, estrôncio e condutividade elétrica, indicando prováveis vazamentos da rede de esgoto, fossas sépticas e/ou contaminação por fertilizantes. Também podem ser observadas correlações positivas entre o pH, a alcalinidade, o cálcio e o potássio devido à provável dissolução da matriz carbonática e de minerais carbonáticos e silicáticos.

Na zona intermediária (ZI) ainda ocorre correlação positiva entre o nitrato, cloreto, sódio e bário, que por sua vez possuem correlação negativa com o pH e a alcalinidade, indicando a diminuição da contaminação e o aumento relativo da dissolução de minerais e da matriz. O pH e a alcalinidade possuem correlação positiva com o cálcio, magnésio e estrôncio. Os cátions bário, magnésio e cálcio também apresentam correlação positiva.

Nas zonas profundas e de descarga ocorre correlação positiva entre o nitrato e o cloreto que, por sua vez, possuem correlação negativa com o sódio e o pH. A alcalinidade, o pH, o cálcio, o magnésio, o estrôncio e a condutividade elétrica apresentam correlação positiva devido à dissolução de minerais. O magnésio e o sódio possuem correlação negativa indicando uma provável troca catiônica entre os dois íons.

Tabela 7.6.: Correlação de Pearson da Zona Rasa

	HCO_3^-	SO_4^{-2}	Cl^-	NO_3^-	F^-	PO_4^{-3}	Na^+	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Sr^{+2}	Ba^{+2}	pH	Eh	C.E.
HCO_3^-	***1,00***	0,22	-0,14	0,13	-0,16	-0,08	-0,14	***0,45***	***0,49***	0,17	***0,43***	-0,02	***0,71***	-0,25	0,15
SO_4^{-2}		***1,00***	0,01	0,10	-0,03	0,01	0,04	0,40	0,00	0,34	0,11	-0,08	-0,08	0,06	0,05
Cl^-			***1,00***	***0,82***	***0,68***	***0,56***	***0,77***	0,01	***0,55***	***0,60***	0,30	***0,59***	-0,22	-0,09	***0,85***
NO_3^-				**1,00**	***0,60***	0,30	***0,54***	0,33	***0,81***	***0,83***	***0,58***	***0,79***	0,03	-0,03	***0,89***
F^-					**1,00**	0,09	***0,57***	-0,02	0,39	***0,50***	0,25	***0,48***	-0,18	0,08	***0,64***
PO_4^{-3}						***1,00***	0,34	-0,09	0,17	0,04	0,03	0,09	-0,07	-0,06	0,31
Na^+							***1,00***	0,15	0,16	0,29	0,04	0,33	-0,22	-0,17	***0,60***
K^+								***1,00***	0,26	***0,42***	0,24	0,22	0,20	-0,05	0,17
Ca^{+2}									***1,00***	***0,70***	***0,75***	***0,60***	0,37	-0,07	***0,75***
Mg^{+2}										***1,00***	***0,57***	***0,73***	-0,05	0,07	***0,76***
Sr^{+2}											***1,00***	***0,48***	0,36	-0,12	***0,49***
Ba^{+2}												***1,00***	-0,06	0,09	***0,69***
pH													***1,00***	-0,14	-0,01
Eh														***1,00***	-0,18
C.E.															***1,00***

Os valores em itálico e negrito indicam correlações com intervalo de significância de 95%, sendo considerado 79 dados para cada parâmetro.
C.E. – Condutividade elétrica (µS/cm)
Eh – (mV)

Tabela 7.7.: Correlação de Pearson da Zona Intermediária

	HCO_3^-	SO_4^{-2}	Cl^-	NO_3^-	F^-	PO_4^{-3}	Na^+	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Sr^{+2}	Ba^{+2}	pH	Eh	C.E.
HCO_3^-	***1,00***	***-0,48***	***-0,54***	***-0,51***	0,13	-0,09	***-0,69***	-0,08	***0,82***	***0,58***	***0,66***	0,02	***0,70***	0,18	0,42
SO_4^{-2}		***1,00***	***0,84***	***0,55***	-0,20	-0,26	***0,87***	-0,20	-0,15	-0,05	-0,03	0,19	***-0,75***	-0,36	0,27
Cl^-			***1,00***	***0,77***	-0,10	-0,14	***0,90***	0,09	-0,11	0,07	-0,07	0,38	***-0,79***	-0,28	0,37
NO_3^-				***1,00***	0,14	0,12	***0,57***	0,39	0,02	0,27	0,06	***0,56***	***-0,56***	-0,27	0,44
F^-					***1,00***	0,09	-0,24	0,16	0,28	***0,47***	0,18	0,13	0,28	-0,30	0,29
PO_4^{-3}						***1,00***	-0,27	-0,02	-0,04	-0,10	-0,02	-0,23	0,13	0,13	-0,17
Na^+							***1,00***	-0,08	-0,40	-0,22	-0,33	0,16	***-0,84***	-0,28	0,11
K^+								***1,00***	0,13	0,22	0,17	***0,75***	0,02	-0,02	0,30
Ca^{+2}									***1,00***	***0,86***	***0,81***	0,38	***0,45***	0,04	***0,77***
Mg^{+2}										***1,00***	***0,65***	***0,46***	0,29	-0,19	***0,80***
Sr^{+2}											***1,00***	0,34	0,19	-0,05	***0,65***
Ba^{+2}												***1,00***	-0,02	-0,13	***0,66***
pH													***1,00***	0,28	0,04
Eh														***1,00***	-0,21
C.E.															***1,00***

Os valores em itálico e negrito indicam correlações com intervalo de significância de 95%, sendo considerado 58 dados para cada parâmetro.
C.E. – Condutividade elétrica (µS/cm)
Eh – (mV)

Tabela 7.8.: Correlação de Pearson da Zona Profunda

	HCO_3^-	SO_4^{-2}	Cl^-	NO_3^-	F^-	PO_4^{-3}	Na^+	K^+	Ca^{+2}	Mg^{+2}	Sr^{+2}	Ba^{+2}	pH	Eh	C.E.
HCO_3^-	***1,00***	-0,23	-0,20	-0,20	-0,16	-0,13	0,21	0,13	***0,75***	***0,63***	***0,75***	0,26	***0,53***	0,03	***0,81***
SO_4^{-2}		***1,00***	***0,60***	0,11	0,37	***0,60***	0,03	0,03	-0,17	-0,25	-0,17	-0,34	-0,24	-0,03	-0,11
Cl^-			***1,00***	***0,57***	0,37	0,44	-0,25	0,21	0,17	0,11	0,23	0,25	-0,39	0,19	0,20
NO_3^-				***1,00***	-0,14	0,44	***-0,51***	0,20	0,26	0,32	0,30	***0,61***	***-0,65***	0,22	0,36
F^-					***1,00***	0,06	0,29	0,01	-0,31	-0,33	-0,15	-0,02	0,15	-0,04	-0,21
PO_4^{-3}						***1,00***	-0,25	-0,03	0,04	0,17	0,08	-0,08	-0,28	0,27	0,16
Na^+							***1,00***	0,06	-0,38	***-0,55***	-0,16	-0,44	***0,75***	-0,35	-0,17
K^+								***1,00***	0,11	-0,03	0,15	0,25	-0,11	0,19	0,18
Ca^{+2}									***1,00***	***0,92***	***0,91***	***0,59***	-0,01	0,29	***0,90***
Mg^{+2}										***1,00***	***0,80***	***0,57***	-0,12	0,37	***0,84***
Sr^{+2}											**1,00**	***0,64***	0,13	0,20	***0,90***
Ba^{+2}												***1,00***	-0,31	0,16	***0,57***
PH													***1,00***	-0,18	0,10
Eh														***1,00***	0,21
C.E.															***1,00***

Os valores em itálico e negrito indicam correlações com intervalo de significância de 95%, sendo considerado 18 dados para cada parâmetro.
C.E. – Condutividade elétrica (µS/cm)
Eh – (mV)

7.3.4. Amostragem em diferentes tempos de bombeamento e estratificada

As amostras de água, coletadas em tempos de bombeamento pré-estabelecidos foram realizadas para verificar a existência de variações nas concentrações dos íons em águas de diferentes profundidades (tubos de fluxo). Sabe-se que o bombeamento contínuo do poço faz com que exista tendência de capturar tubos de fluxo do aqüífero mais profundo e portanto, de águas mais velhas, com maior tempo de contato água-rocha. Através do modelo conceitual de circulação das águas subterrâneas, é possível visualizar que os poços onde as águas foram amostradas em diferentes tempos de bombeamento, localizam-se na área de recarga (PP-2) e descarga do aqüífero (PP-4).

A partir dos resultados da amostragem de água nos dois poços (**Figuras 7.18. e 7.19.**) é possível concluir que houve um aumento das concentrações de sódio e do pH com o tempo de bombeamento, este aumento pode ser devido ao fato deste cátion não participar de importantes reações de precipitação e troca catiônicas uma vez que os íons bivalentes são mais adsorvidos pela fase sólida que os monovalentes. Observa-se também que as concentrações de cloreto e nitrato tendem a diminuir com o aumento do tempo de bombeamento, indicando contaminação superficial do aqüífero por estes íons. As concentrações de potássio, magnésio, zinco, bário, estrôncio, cálcio, bicarbonato e condutividade elétrica sofreram uma certa diminuição com o aumento do tempo de bombeamento.

A **Figura 7.20.** mostra os resultados das coletas estratificadas nos poços PP-1, 6 e 8, em junho de 1999. Observa-se que as amostras apresentaram as mesmas concentrações em todas as profundidades, não havendo qualquer tipo de variação dos resultados, esse fato ocorre também na campanha de maio de 1999, onde foi efetuada coleta a 24 e 48 horas depois da limpeza dos poços PP-6 e 8. Esses resultados são atribuídos ao fato dos poços coletados estarem situados em zonas de recarga onde há um movimento vertical da água subterrânea preferencial dentro do poço, e com isso coletou-se amostras de águas mais superficiais.

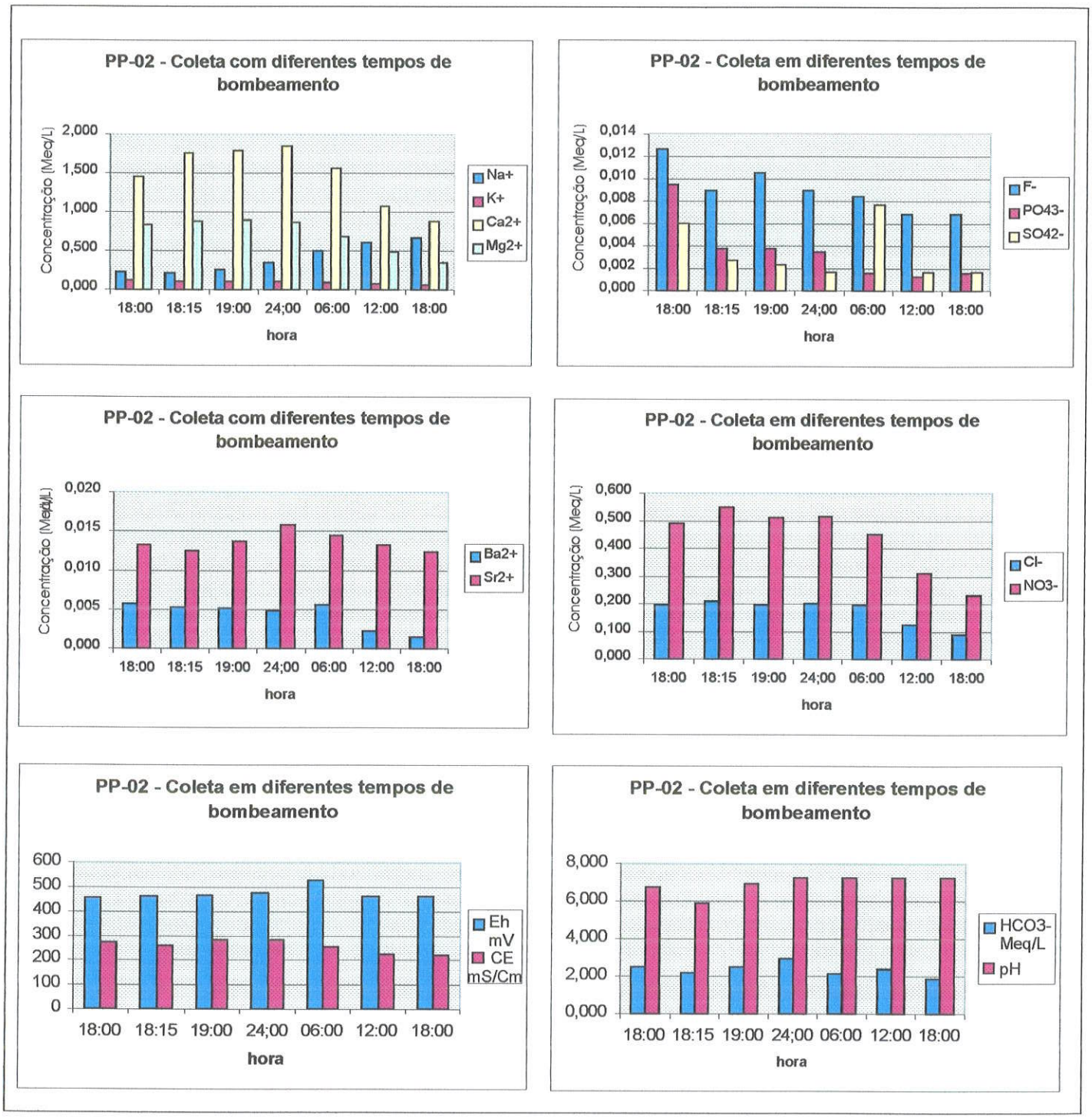


Figura 7.18.: Gráficos das coletas em diferentes tempos de bombeamento para o PP-02

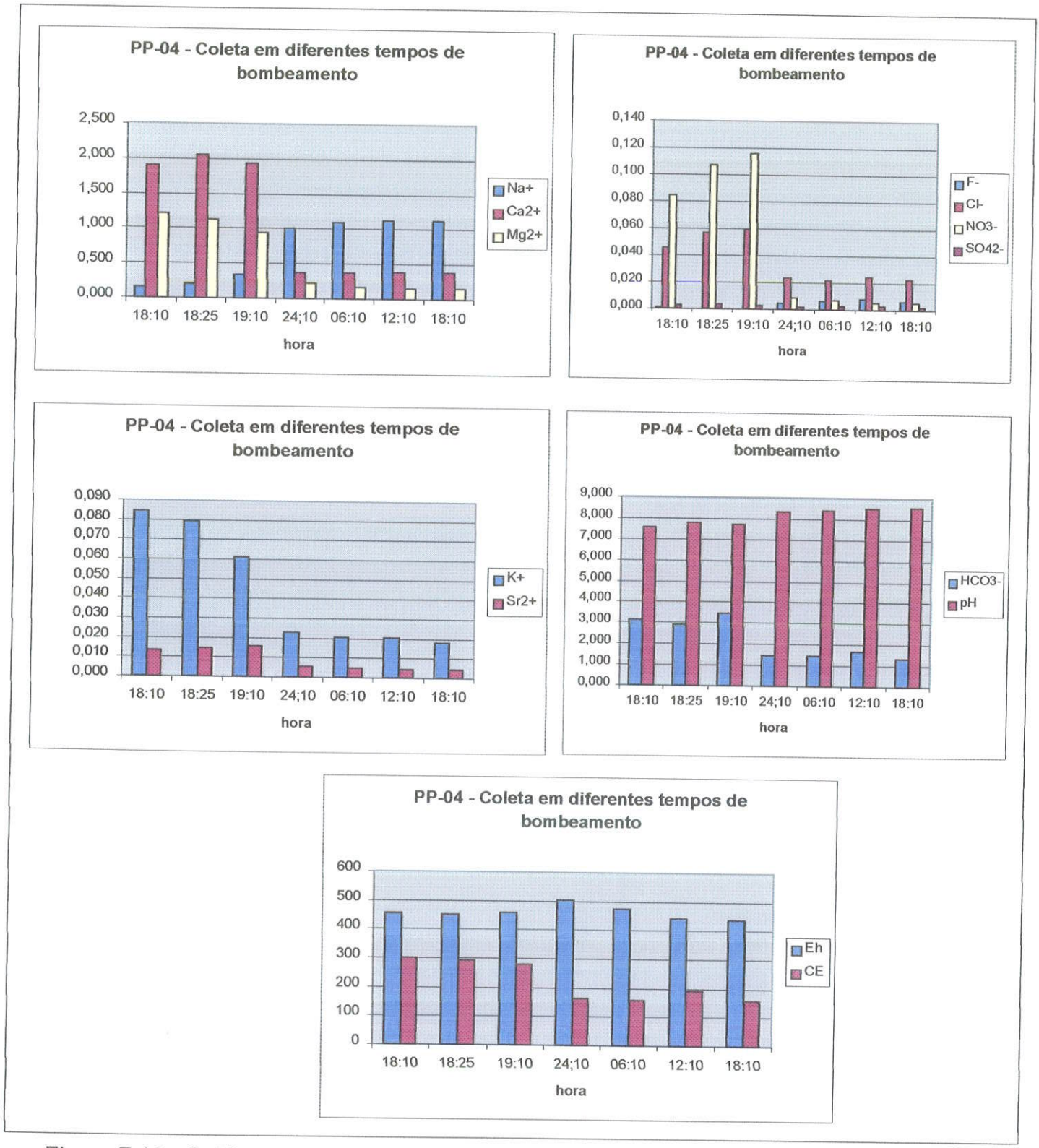


Figura 7.19.: Gráficos das coletas em diferentes tempos de bombeamento para o PP-04

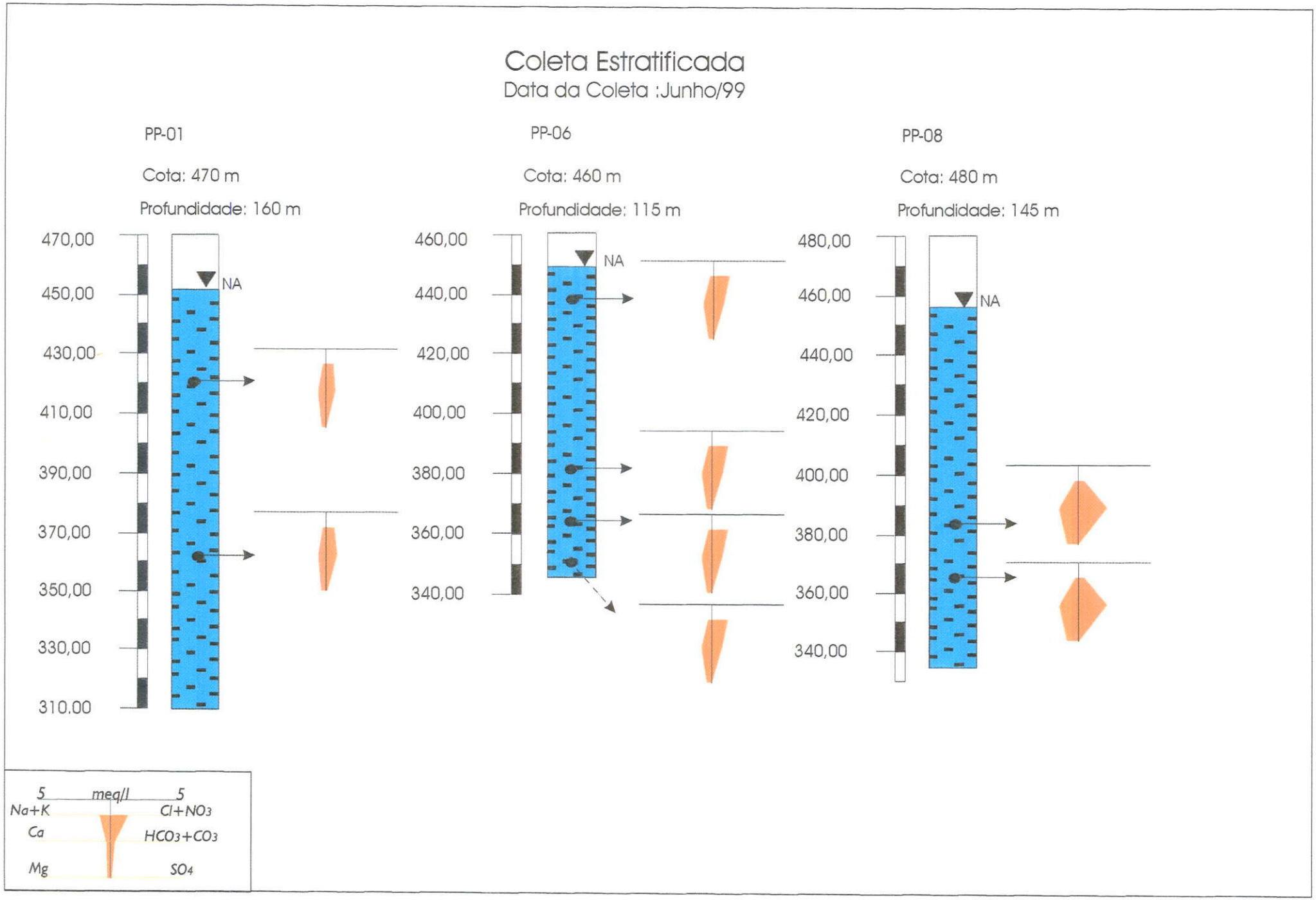


Figura 7.20.: Coleta estratificada nos poços PP-01, 06 e 08 em junho de 1999

7.4. Interação água - fase sólida

Através dos dados apresentados nos itens anteriores foi possível caracterizar separadamente a fase sólida e a água subterrânea, porém para a determinação do modelo hidrogeoquímico conceitual é necessário a determinação dos processos de interação entre duas fases. Em Urânia, esses processos são basicamente as reações de precipitação/dissolução e troca catiônica. As técnicas de tratamento de dados utilizadas para a determinação destes processos são descritas nos próximos itens.

7.4.1. Diagramas de estabilidade

Os diagramas de estabilidade mineral são figuras bidimensionais comumente utilizados para determinação da estabilidade de minerais aluminossilicáticos. Esses diagramas possuem campos de estabilidade para determinados minerais, que são separados por linhas que expressam o equilíbrio químico entre eles. Uma das grandes vantagens da utilização destes diagramas para se estudar os fenômenos de precipitação e dissolução de minerais aluminossilicáticos é que não é necessário plotar concentrações de alumínio, uma vez que normalmente este íon não é detectado em análises químicas de água subterrânea, impedindo o cálculo de índice de saturação para estes minerais.

Assumindo que a existência de minerais aluminossilicáticos nos sedimentos da Formação Adamantina achou-se necessário determinar quais eram os possíveis minerais estáveis . Desta forma foram feitos três diagramas de estabilidade para os sistemas K_2O-Al_2O_3-H_2O, Na_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O e CaO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O para a temperatura a 25° C (**Figuras 7.21., 7.22. e 7.23.**).

Na **Figura 7.21.** pode-se observar que o K-feldspato, a caulinita e a gibsita são os minerais em equilíbrio, na **Figura 7.22.** é a Na-beidelita, a caulinita e a gibsita, enquanto que na **Figura 7.23.** apenas a Ca-beidelita, a caulinita e a gibsita encontram-se em equilíbrio.

Através desses diagramas de estabilidade pode-se notar que as águas da zona profunda e de descarga (ZP) estão próximas ao limite superior do campo da caulinita quando não ultrapassam para o campo do feldspato e ilita, enquanto que as águas da zona rasa e de descarga (ZR) restringem-se principalmente ao campo de estabilidade da caulinita e gibsita, ultrapassando para a ilita apenas no caso do diagrama da **Figura 7.23.**. As águas da zona intermediária (ZI) ficam entre as da ZP e ZR sendo estável com a apenas com a caulinita e gibsita nos diagramas das **Figuras 7.21. e 7.22.** enquanto que no diagrama da **Figura 7.23.** a ilita tem a maioria dos pontos. Com isso pode-se dizer que com o aparecimento de estabilidade de minerais primários nas ZP e de minerais secundários na ZR, indica que os processos de intemperismo químico são menos pronunciados na ZP do que na ZR.

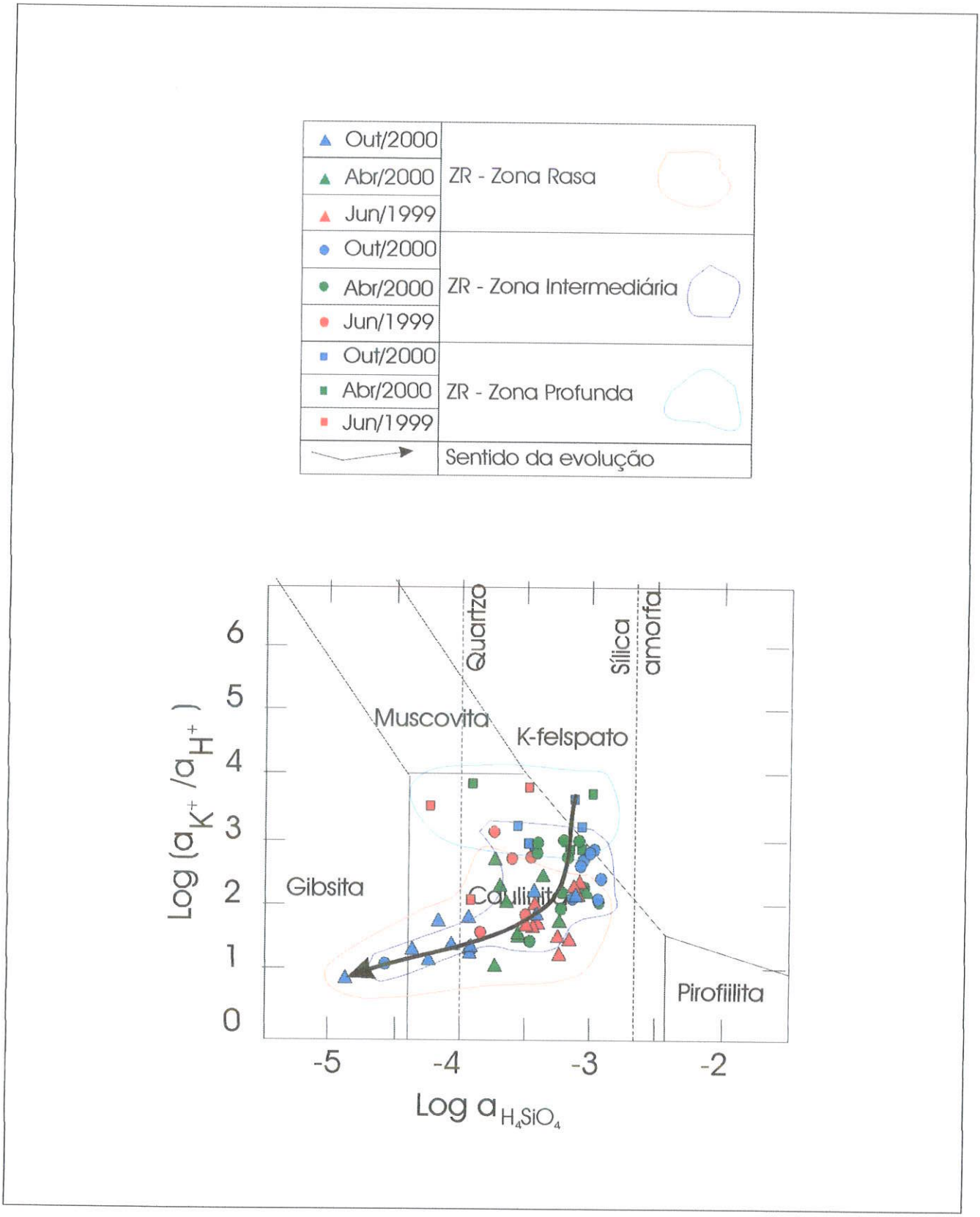


Figura 7.21.: Diagrama de estabilidade K_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O a 25ºC

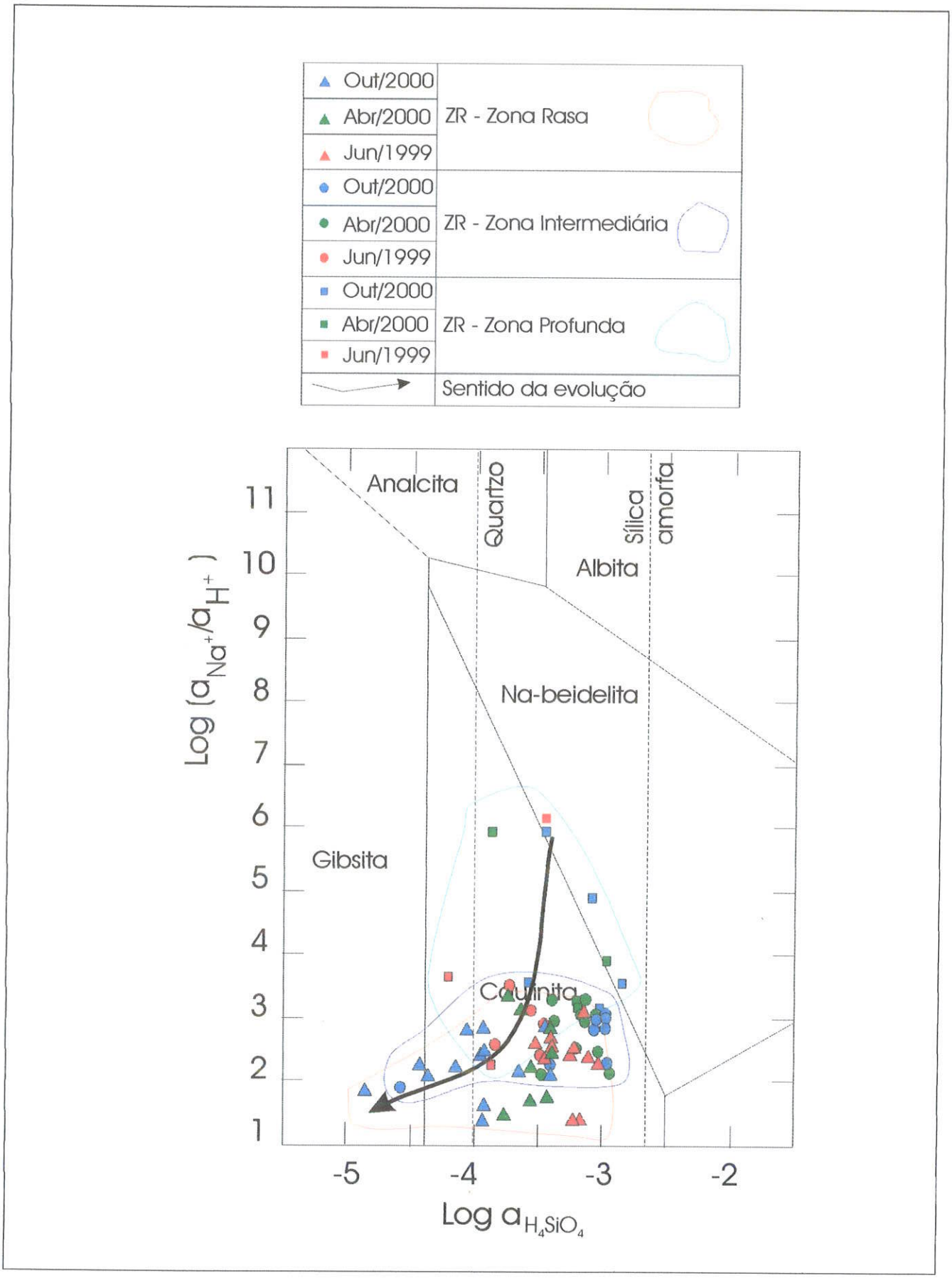


Figura 7.22.: Diagrama de estabilidade Na_2O-Al_2O_3-SiO_2-H_2O a 25ºC

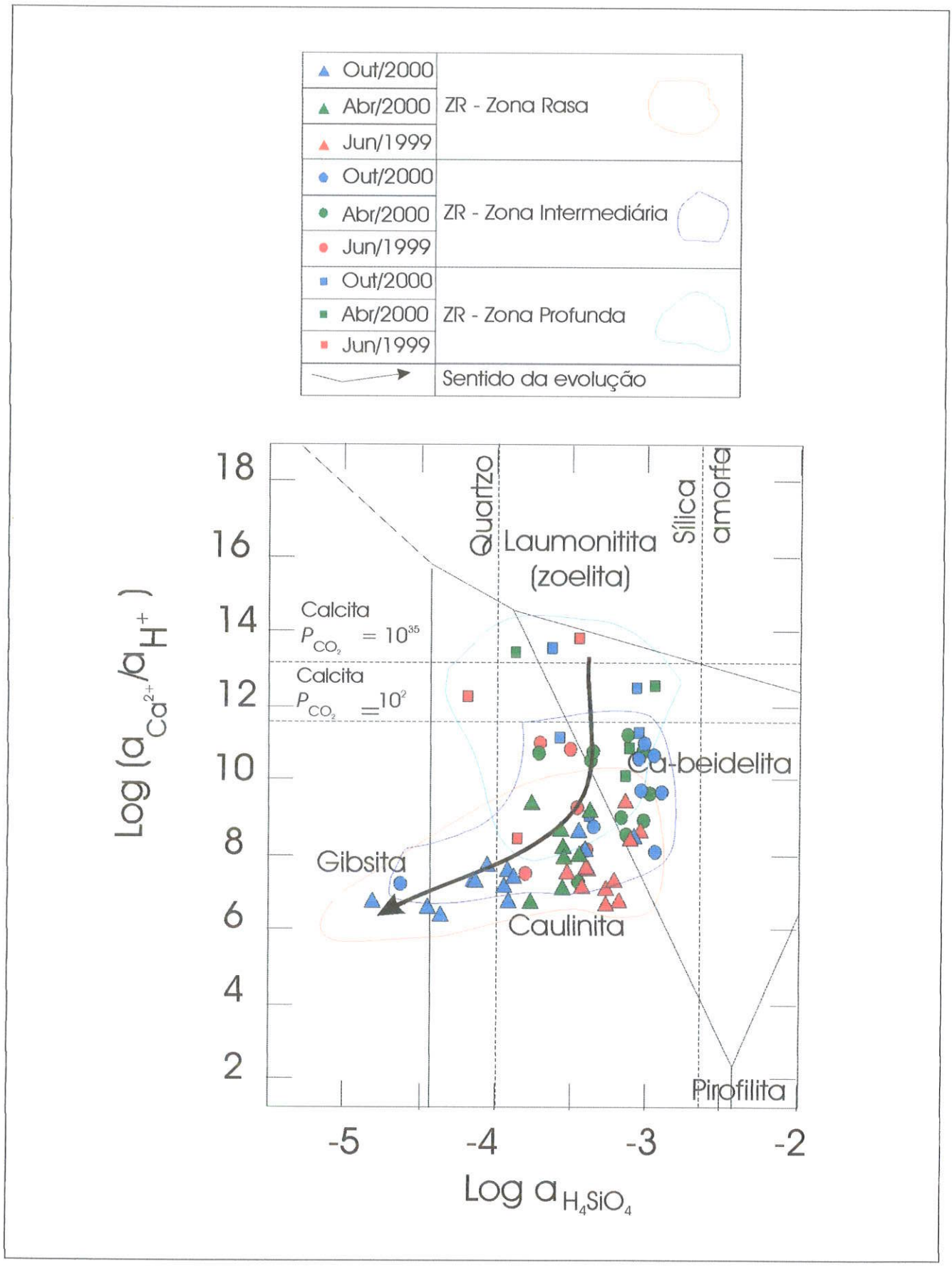


Figura 7.23.: **Diagrama de estabilidade CaO-Al_2O_3-SiO_2-H_2O a 25ºC**

7.4.2. Cálculo dos índices de saturação

O índice de saturação é um parâmetro que serve como auxílio para detectar a ocorrência de reações de precipitação (índice de saturação positivo) ou dissolução (índice de saturação negativo). O cálculo é feito a partir de análises da composição química da água, não sendo possível obter este parâmetros para os minerais cujas espécies químicas não tenham sido detectadas, tal como alumínio e ferro que tendem a se preservar na fase sólida. Desta forma, não são possíveis os cálculos para minerais aluminossilicatos, argilominerais e minerais que contenham ferro.

A **Figura 7.24.** mostra os índices de saturação para os minerais quartzo, calcita e dolomita, onde é possível observar que o quartzo possui condições favoráveis à precipitação em todo o perfil, mas os valores são mais positivos na ZP do que na ZR, enquanto que a calcita e a dolomita possuem em todos os três perfis condições de dissolução, apresentando valores mais negativos na ZP e valores menos negativos na ZR.

A partir da análise dos índices de saturação pode-se afirmar que os minerais compostos por cálcio e/ou magnésio, como a calcita e dolomita, tem indícios de maior dissolução na ZR do que na ZP, enriquecendo a água nestes íons ao longo do perfil. O quartzo apresenta-se em condições de precipitação em todo o perfil, porém ele tem maior chances de se alterar na ZR do que na ZP.

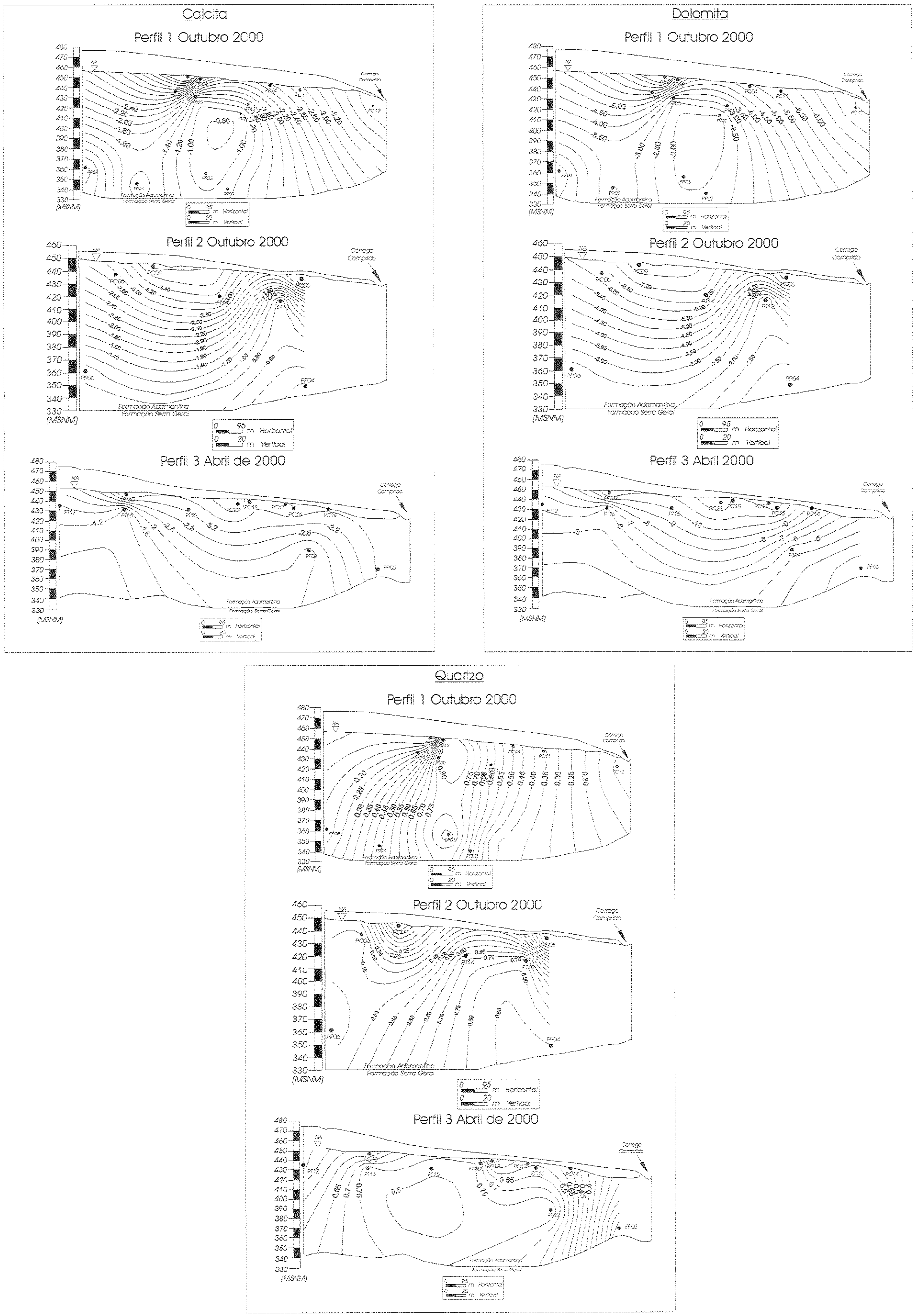


Figura 7.24.: Perfis de índice de saturação para quartzo, calcita e dolomita

7.5. Modelo conceitual hidrogeoquímico

Através dos itens anteriores foi possível determinar que a água subterrânea encontra-se em contato com sedimentos arenosos compostos principalmente por quartzo, feldspatos (K-feldspato, albita e anortita), anfibólios e piroxênios cálcicos magnesianos, granada, calcita, goetita, hematita, montmorilonita cálcica e caulinita. Quimicamente o sedimento é composto por SiO_2 (76% a 78% da massa), seguido pelo ferro e alumínio (4% a 10%), CaO (3,5%), MgO (1,5%), K_2O (1%) e Na_2O (0,3%).

Ao longo do perfil hidrodinâmico da área de estudo é possível observar uma evolução química da zona de recarga (ZR) para a zona profunda ou de descarga (ZP). As águas subterrâneas da ZR são principalmente compostas por sódio, potássio, nitrato e cloreto enquanto que as águas profundas são compostas por cálcio e bicarbonato, com exceção do ponto de descarga PP-5 que é sódico e bicarbonato. As águas da zona intermediárias (ZI) são compostas por uma mistura das águas da ZR e da ZP, sendo sódicas, cálcicas, cloretadas, nitratadas e bicarbonatadas.

Devido às concentrações anômalas de nitrato e cloreto nas águas rasas, acredita-se em uma provável contaminação do aqüífero superficial por vazamento de fossa séptica e/ou da rede pública de captação de esgoto e por fertilizantes. Esse tipo de contaminação também acarretaria no aumento de sódio e potássio na água e desta forma grande parte da concentração desses cátions encontrada na ZR, seja causada por esse tipo de contaminação e não por processos de dissolução/precipitação de minerais.

Uma forma de identificar o quanto ã contaminação mencionada influencia as concentrações de sódio, nitrato e cloreto para as três zonas do aqüífero, foi desenvolvido o perfil da **Figura 7.25.**, onde mostra as porcentagens de variação da concentração do ponto pela concentração inicial (C/C_0). Para a realização da **Figura 7.25.** foram escolhidos os pontos PC-9, PT-14 e PP-4, representando respectivamente ZR, ZI e ZP, do perfil 2. Considerou-se como C_0, as concentrações medidas no poço PC-9 por obter as maiores concentrações de

cloreto e nitrato, ou seja, perto de uma fonte de contaminação. As demais porcentagens foram normatizadas a partir das concentrações do poço PC-9, para cada parâmetro. As concentrações de cloreto são maiores na ZR e vai diminuindo coma a profundidade. Sendo o cloreto um íon conservativo, o seu decréscimo é atribuído apenas a processos de dispersão hidráulica, não sendo adsorvido ou desadsorvido por nenhuma espécie sólida presente no sedimento.

Da mesma forma que o cloreto, os demais parâmetros físico-químicos, representados na **Figura 7.25.** apresentam um decréscimo em suas concentrações em função da profundidade, a exceção do sódio que diminui da ZR para a ZI e volta a aumentar na ZP. Comparando as taxas de dispersão do cloreto com os demais parâmetros nota-se que, além da dispersão hidráulica, outros fenômenos também devem ser considerados para explicar o comportamento das espécies. Esses fenômenos serão descritos para cada íon nos próximos parágrafos.

Ocorre diminuição nas concentrações de sódio e potássio das águas da ZR para a ZI. As concentrações relativamente mais elevadas desses dois cátions nas águas da ZR estão relacionadas, à contaminação por vazamentos de fossas e/ou da rede de esgoto e/ou por fertilizantes.

A concentrações de potássio tendem a decrescer da ZR para a ZP. As concentrações, mais altas de potássio na ZR são causadas pela contaminação mencionada anteriormente e provável dissolução de K-feldspato. Como o potássio é um íon que tem como característica se fixar na fase sólida acredita-se que o seu decréscimo em relação à profundidade seja causado por trocas catiônicas. O processo de liberação do potássio do sedimento para a água seria a dissolução incongruente de K- feldspato para caulinita através da reação da **Equação 07**.

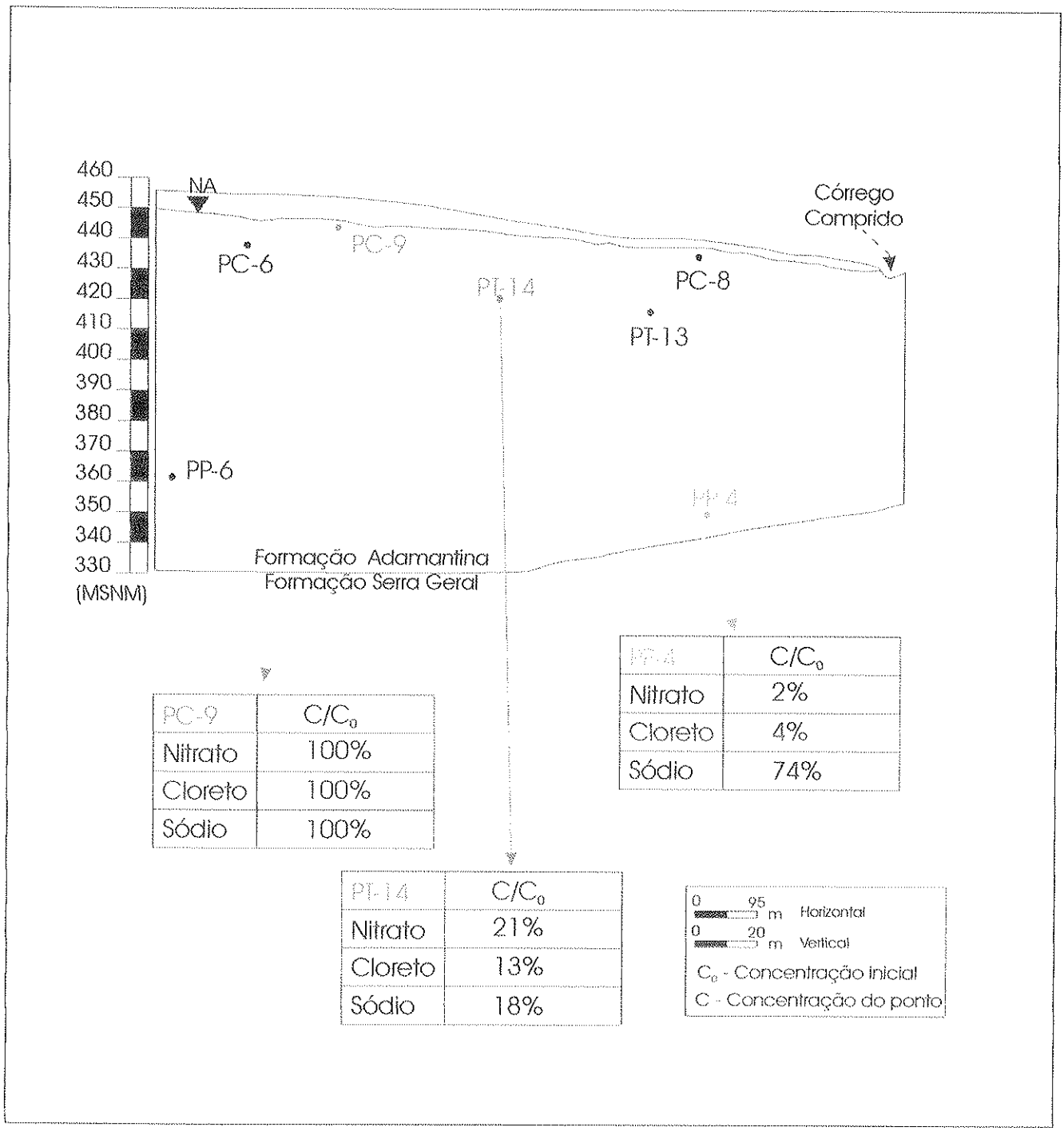


Figura 7.25.:Perfila da taxa de dispersão do cloreto, nitrato e sódio

A ocorrência desta reação no aqüífero estudado, pode ser confirmada através do diagrama de estabilidade mineral da **Figura 7.21.**, onde nota-se que os pontos referentes às águas da ZR estão na parte inferior do campo da caulinita e que os pontos referentes às águas da ZP, situados na parte superior do campo da caulinita e no campo do K-feldspato. Com isso tem-se um indicativo da tendência do K-feldspato se intemperizar em caulinita liberando o potássio ao longo do fluxo da água subterrânea da ZR para a ZP.

O decréscimo de sódio das águas ZR para as da ZI está relacionada à dispersão e dissolução de feldspatos sódicos (albita) com troca catiônica. Esse fato ocorre pois o sódio apresenta porcentagem de dispersão próxima ao do cloreto, como demonstra a **Figura 7.23.**, porém um pouco maior indicando um acréscimo deste íon. Quando a água subterrânea chega na ZI e flui para a ZP ocorre aumento na concentração de sódio, desta forma acredita-se que de alguma forma o sódio não sofre mais influências de troca catiônicas e ocorra a dissolução de feldspatos sódicos para caulinita através da reação da **Equação 5**.

Essa evolução pode ser observada através da **Figura 7.23.** que mostra uma tendência dos pontos relacionados às águas da ZP estarem próximos ao campo dos minerais primários mais ricos em sódio (albita) enquanto os pontos referentes às águas da ZR encontram-se no campo da caulinita.

A ausência de pontos no campo de estabilidade da albita deve-se ao fato de que este mineral é um feldspato sódico e que segundo a série de Goldich (**Figura 4.1.**) para intemperismo de minerais silicáticos, este tipo de feldspato é mais susceptível ao intemperismo que o feldspato potássico. Desta forma todo o feldspato sódico teria sido intemperizado em minerais secundários para a illita e caulinita.

Os cátions, cálcio e magnésio, possuem comportamentos semelhantes. Ambos aumentam de concentração da ZR para a ZI devido trocas catiônicas e a provável dissolução de minerais (ca-montmorilonita, calcita e anfibólios e piroxênios cálcicos e magnesianos) e matriz carbonática presente nos

sedimentos da Formação Adamantina, através das reações das **Equações 01, 03** e **12**.

Em alguns casos da ZI para a ZP o cálcio, o magnésio diminui e o sódio aumenta (Perfil 3). Este fato está relacionado à troca iônica entre o cálcio e magnésio por sódio. Essa troca ocorre pois cátions monovalentes tendem a ser substituído por cátions bivalentes (Hem, 1985). Pode-se confirmar esta observação através dos cálculos de índice de troca de base (icb) que é o desequilíbrio entre o cloreto e alcalinos através da fórmula:

$$icb = \frac{rCl - r(Na + K)}{rCl} \qquad \text{Equação 14}$$

O cálculo de icb para os poços PC-9, PT-14 e PP-4, representando as três zonas do aqüífero, encontra-se na **Tabela 7.9.**, onde é possível observar que os valores aumentam da ZR para a ZI e diminuem da ZI para ZP. De acordo com Custodio & Llamas (1976), os valores de icb tendem a decrescer, quando ocorre a existência de troca entre cálcio e magnésio por sódio.

Tabela 7.9.: Resultados do cálculo de troca de base (icb)

Poço	PC-9/ZR	PT-14/ZI	PP-4/ZP
Icb	-0,55	0,19	-27,35

Quanto aos ânions, observa-se que os valores de nitrato decrescem drasticamente da ZR para a ZP. Quando se compara com a porcentagem de dispersão do nitrato com a do cloreto, nota-se que a dispersão do nitrato é maior. Desta forma, além de dispersão, o nitrato pode estar sofrendo um incremento de outras fontes durante o fluxo da água subterrânea, como a evolução de nitrogênio orgânico para nitrato.

O aumento de bicarbonato na água deve-se a dissolução de minerais carbonáticos. Observa-se que o grande aumento da concentração deste ânion da ZR para a ZP coincide como aumento dos cátions cálcio e magnésio.

Observa-se que o pH tende a aumentar das águas mais rasas para as mais profundas e de descarga. Esse aumento está relacionado ao consumo de

H^+ ao longo da linha de fluxo da água subterrânea com a dissolução dos carbonatos e dos aluminossilicatos.

A condutividade elétrica (CE) tende a diminuir da ZR para a ZP. Os altos valores de CE nas águas da ZR são devido às concentrações anômalas dos íons relacionados à contaminação por vazamentos de fossas sépticas e/ou rede de esgoto e/ou fertilizantes. Ao longo do fluxo em direção às zonas mais profundas do aqüífero a influência da contaminação vai diminuindo e a CE também diminui como conseqüência. Observa-se nas **Tabelas 7.6. e 7.8.** que na ZR e ZI a CE é correlacionada com íons associados à contaminação antropica enquanto que na ZP a CE esta correlacionada à alcalinidade, pH e cátions relacionados à dissolução de minerais.

O Eh também tende a diminuir da ZR para a ZP, porém sua queda confirma a tendência das águas mais profundas serem menos oxidadas que as águas mais rasas.

Na **Tabela 7.10.** está representado um resumo das interpretações de dados obtidas neste trabalho para os três diferentes tipos de zonas.

Tabela 7.10.: Resumo dos processos identificados nos três diferentes tipos de zonas identificadas.

	Zona de recarga	Zona intermediária	Zona de descarga
Tipo de água	Nitratada cálcica	Bicarbonatada cálcica	Bicarbonatada cálcica
Cátions	Na^+ é dominante, seguido por Ca^{2+}, Mg^{2+} e K^+	Aumento de Ca^{2+} e Mg^{2+} Decréscimo de Na^+ e K^+	Aumento de Na^+ Decréscimo de K^+, Ca^{2+} e Mg^{2+}
Ânions	Predominância de NO_3^- seguido por HCO_3^- e Cl^-	Aumento de HCO_3^- Diminuição de NO_3^- e Cl^-	Aumento de HCO_3^- Diminuição de NO_3^- e Cl^-
Processo	Água contaminada por fossas, esgoto e/ou fertilizantes, ocorre dispersão do Cl^-, NO_3^-, K^+, Na^+. Dissolução da matriz carbonática liberando Ca^{2+} e Mg^{2+}, de aluminossilicatos e troca catiônica de Mg^{2+} por Na^+, K^+ e Ca^{2+}.	A água ainda apresenta contaminação por fossas, esgoto e/ou fertilizantes, ocorre dispersão do Cl^-, NO_3^- e K^+ e troca catiônica de Ca^{2+} e Mg^{2+} por Na^+. Dissolução da matriz carbonática liberando Ca^{2+} e Mg^{2+} e de aluminossilicatos.	A água apresenta baixa concentração de contaminantes. Ocorre troca catiônica de Ca^{2+} e Mg^{2+} por Na^+. Dissolução da matriz carbonática liberando Ca^{2+} e Mg^{2+} e de aluminossilicatos.

8. CONCLUSÕES

Os estudos mineralógicos dos sedimentos da Formação Adamantina na cidade de Urânia constituem de arenitos granulometricamente finos, composto principalmente por quartzo, montmorilonita cálcica, feldspatos (sódicos, cálcicos e potássicos), anfibólio e piroxênio cálcicos e magnesianos, carbonato (calcita e matriz carbonática), granada, caulinita, ilmenita, dentre outros minerais pesados.

Os sedimentos quimicamente são compostos por SiO_2 (76% a 78% da massa), seguido pelo ferro e alumínio (4% a 10% da massa), CaO (3,5% da massa), MgO (1,5%), K_2O (1% da massa) e Na_2O (0,3% da massa). As concentrações de alguns cátions são baixas e próximas ao limite de detecção.

A capacidade de troca de cátions indicou valores de cerca de 16 e 170 meq/100 g, mostrando que a montmorilonita é o principal material adsorvente. A ordem de adsorção dos principais cátions de base é Ca, Mg, H, Na e K.

As águas do aqüífero são divididas em zonas hidrogeoquímicas distintas, sendo a primeira denominada de zona rasa ou de recarga (ZR), representadas por poços cacimbas e com águas cloretadas cálcicas. A terceira é representada pelos poços profundos da SABESP e áreas de descarga (ZP), apresentando águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas, a segunda zona seria uma intermediária às outras duas mencionadas (ZI). Essa evolução química se deve à presença de contaminação por fossas e/ou fertilizantes que deslocaram as análises das águas mais rasas de bicarbonatadas para cloro-nitratadas. Os ânions predominantes nas águas subterrâneas do Sistema Aqüífero Bauru no local são o bicarbonato, cloreto e nitrato. Quanto aos cátions o predomínio é o cálcico, havendo quantidade considerável de mistas.

A composição mineralógica dos sedimentos presentes na área contribui significativamente para a presença destes íons: os minerais carbonáticos e aluminossicáticos, são as principais fontes de enriquecimento iônico do meio aqüífero. Os processos identificados como controladores da composição química da água foram: a contaminação superficial do aqüífero por ações antropogênicas causando a ocorrência de elevadas concentrações de nitrato e

cloreto, as reações de dissolução de quartzo, carbonatos e aluminossilicatos e formação de caulinita e formas criptocristalinas de sílica e calcita e reações de adsorção/troca iônica.

A evolução hidrogeoquímica das águas subterrâneas na área de estudo apresenta uma tendência de modificação química acompanhando a resultante de fluxo das águas subterrâneas em direção aos córregos Comprido e Matadouro (áreas de descarga). As águas tendem a ficar relativamente mais ricas em sódio e bicarbonato.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLISON, J. D.; BROWN, D. S.; NOVO-GRADAK, K. J. – 1991 – MINTEQA2/PRODEFA2 – A Geochemical assessment model for environmental system. Version 3.0 – User's Manual. EPA Office of Research and Development. EPA/600/3-91/021.100p.

ALMODOVAR, M. L. N. – 1995 – Estudo da Anomalia de Cromo nas Águas Subterrâneas da Região Noroeste do Estado de São Paulo. São Paulo, 101 p. (Dissertação de Mestrado) – Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo.

ALMODOVAR, M. L. N. – 2000 – A origem natural da poluição por cromo no Aqüífero Adamantina, município de Urânia (SP) 212 p. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo.

ALVES, D. B. – 1990 - Influência dos tratamentos de dispersão de amostras na análise dos argilominerais por difração de raio X. Aplicação nos folhelhos cretáceos do flanco noroeste da bacia da foz do amazonas. Tese de doutoramento - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

APPELO, C. A. & POSTMA, D. – 1993 – Geochemistry, Groundwater and Pollution. A. A. Baukema, Brookfield, Vt. 536p.

BARCHA, S. F. - 1980 - Aspectos Geológicos e Províncias Hidrogeológicas da Formação Bauru na Região Norte-Ocidental do Estado de São Paulo, São José do Rio Preto. São José do Rio Preto, 209 p. Tese de Livre Docência - Inst. De Biociências, Letras e Exatas, Universidade Paulista.

BRANDT NETO, M. - 1977 - Estratigrafia da Formação Bauru na Região do Baixo Tieté, São Paulo. Dissertação de Mestrado, Inst. Geoc., USP.

BRANDT NETO, M.; PETRI, S.; COIMBRA, A. M. – 1984 – Argilominerais do Grupo Bauru: Considerações Genéticas. In: Simpósio Regional de Geologia, 5., São Paulo. Atas. São Paulo, SBG – Núcleo São Paulo. V.1, p. 61-74.

BRANDT NETO, M.; BARELLI, N.; BARCGA, S. F.; COIMBRA, A. M. - 1987 - Ocorrência de Analcina em Sedimentos da Formação Adamantina em Macedônia, Estado de São Paulo, uma Evidência de Hidrotermalismo no Grupo Bauru (no prelo).

CAMPOS, H. C. N. S. - 1987 - Contribuição do Estudo Hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado – Instituto de Geociências/USP.

CAMPOS, H. C. N. S. – 1993 – Caracterização e Cartografia das Províncias Hidrogeoquímica do Estado de São Paulo. São Paulo, 177p. Tese de Doutorado – Instituto de Geociências/USP.

COIMBRA, A. M. - 1976 - Arenitos da Formação Bauru: estudo de áreas-fontes. Dissertação de Mestrado, Inst. Geoc., São Paulo, 2 v.

CUSTODIO, E. G. & LLAMAS, M. R. - 1976 - Hidrologia Subterranea. Barcelona, Omega, 2 v.

DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica - 1974 - Estudo de Águas Subterrâneas; Região Administrativa 6, Ribeirão Preto-SP, Geopesquisadore - Tahal, 2 v.

DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica - 1976 - Estudo de Águas Subterrâneas; Regiões Administrativas 7, 8 e 9 (Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba), São Paulo-ENCO, 4 v.

DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica - 1979 - Estudo de Águas Subterrâneas; Regiões Administrativas 10 e 11 (Presidente Prudente e Marília), São Paulo, 3 v.

DAEE - Departamento de Água e Energia Elétrica - 1988 - Águas Subterrâneas: Reservas Estratégicas. Água e Energia.DAEE5(13):13-23.

DAVIS, J. C. – 1973 – Statistics and data analysis in geology. Willey, New York. 550p.

DEUTSCH, W. J. – 1997 – Groundwater Geochemistry – Fundamentals and Applications to Contamination. Lewis Publishers, 221p.

DREVER, J. - 1988 - The Chemical of Natural Waters. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ. 604p.

FERNANDES, L. A. - 1998 - Estratigrafia e Evolução Geológica da Parte Oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil). Dissertação de Doutorado, Inst. Geoc., USP.

HEM, J. D. -1985 – Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. U.S. Geologycal Survey Supply Paper, v.2254.

HIRATA, R.; BASTOS, C.; ROCHA, G. – 1997 – Mapeamento da Vulnerabilidade a Poluição dos Aqüíferos do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. São Paulo, 2v.

HIRATA, R. C. A.;RODOLFI, G. – 1993 – Presença de cromo nas águas subterrâneas em Urânia. São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente/Instituto Geológico. 24p. (Relatório Técnico).

ICDD (International Center for Difraction Data). - 1995 - Power diffraction file: PDF-2 Database Sets 1-45. Pennsylvania, ICDD. (CD-ROM).

IGC (INSTITUTO DE GEOGRÁFICO E CARTOGRÁFICO) & DAEE (DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA) – 1996 – Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo – Escala 1.1000.000. Plano Estadual de Recursos Hídricos/Plano Cartográfico so Estado de São Paulo.

JANASI, V. A.; ANDRADE, S.; ULBRICH, H. H. G. J. – 1996 - A correção de *drift* instrumental em ICP-AES com espectrômetro seqüencial e análises de elementos maiores, menores e traços em rochas. Boletim IG-USP, Série Científica, v. 26, p. 45-58.

MEZZALIRA, S.; SALATI, E.; MATSUI, E.; BOTELHO, P.F.; VIEIRA, P.C. - 1979 - Contribuição Geoquímica ao estudo das Águas da Formação Bauru na Bacia do Rio São José dos Dourados, SP. Na. Acad. Bras. Cienc. 51 (4): 677-694.

PALMER, C. & CHERRY, J. - 1984 - Geochemical Evolution of Groundwater in Sequences of Sedimentary Rocks: J. Hydrol.75:27-65.

PARKHURST, D. L. – 1995 – User's guide to PHREEQC, a computr model for speciation, reaction path, advective transport and inverse Geochemical calculations. U. S. Geological Survey.

RAIJI, B. van & QUAGGIO, J. A. - 1983. Métodos de análise de solo para fins de fertilidade. Boletim Técnico 81. Instituto Agronômico de Campinas. Campinas – SP.

ROCHA, G. A.; BERTACHINI, A. C,; CAMPOS, H. C. N. S.; CAIXETA, J. B. - 1982 - Tentativa de Zoneamento das Características Hidráulicas e Hidroquímicas do Aqüífero Bauru. In: Encontro de Geologia e Hidrogeologia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo, 1., São Paulo, SBG/ABAS. p. 37-57.

ROSS, J. L. C.; MOROZ, I. C. – 1997 – Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo – escala 1:500.000. Convênio FFLCH USP (Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas) e IPT (Laboratório de Cartografia Geotécnica – DIGEO).

ROSSATO, F.M. – 1999 – Modelação Matemática bidimensional na definição de zona de captura de poços no Aqüífero Adamantina, Município de Urânia, noroeste do Estado de São Paulo. Monografia de Trabalho de Formatura. Instituto de Geociências – USP.

SOARES, P. C.; LANDIM, P. M. B.; FÚLFARO, V. J.; SOBREIRO NETO, A. F. - 1980 - Ensaio de Caracterização Estratigráfica do Cretáceo no Estado de São Paulo. Ver. Bras. Geoc., 10: 177.

TALTASSE, P. – 1968 – Os Fácies Hidroquímica no Estado de São Paulo. *In*: 22º Congr. Bras. Geol., Belo Horizonte. *Anais*...1:263-266.

TRUESDELL, A. H. & JONES, B. R. – 1973 – *WATEC*, a computer program for calculating chemical equilibria of natural water. US Geological Survey, National Techinical Information Service, PB-220 264.

WUTKE, A. C. P.; CAMARGO, O. A. – 1972 - Adsorção e Troca Iônica. In: MONIZ, A. C. (org) – Elementos de Pedologia. Editora Universidade de São Paulo, p111-147.

Anexo 1

Cadastro dos Poços e
Medição de Nível D'água

Cadastro de poços cacimbas de Urânia

Poço	Proprietário	Endereço	Diâm. (m)	Prof. (m)	N.água (m)	Uso da água	Equip. bomb.	Provável ano perf.	Observações
PC 01	Raul Cardoso da Silva	R. Esperança, 264	1,20	13,0	poço lacrado	Bebem	Sim	1994	Poço tampado com laje de concreto.Quintal de terra ao redor do poço
PC 02	Jacob Azol	R. Rio Preto,572	1,10	16,0	12,8	Não bebem	Sim	1992	Poço tampado com laje de concreto. Quintal de terra com 20 cm de cimento ao redor do poço
PC 03	Antônio Peres Paiares	Av. Brasil, 687	1,00	15,0	12,0	Não bebem	Sim	1994	Poço tampado com laje de concreto. Quintal cimentado.
PC 04	Antônio Ruiz	Av. Brasil, 785	1,35	16,0	14,1	Não bebem	Sim	1990	Poço tampado com laje de concreto.Quintal de terra ao redor do poço.
PC 05	Flaminio Flávio Estal	R. Guanabara, 389	1,00	10,0	8,0	Bebem	Sim	1997	Poço lacrado com laje de concreto. Quintal cimentado.
PC 06	João Gasqui	R. Esperança, 219	1,00	15,0	9,0	Não bebem	Sim	1989	Poço tampado com laje de concreto.Quintal de terra ao redor do poço. Utiliza-se esterco animal na horta.
PC 07	Inácio Gonçalves	R. Rio Preto, 200	1,20	16,0	12,9	Bebem	Sim	1993	Poço tampado com laje de concreto. Quintal todo calçado. O vizinho possui uma horta.
PC 08	Rossini	R. Benedito D. Mendes, 235	0,85	5,2	3,3	Não bebem	Sim	1990	Poço tampado com laje de concreto. Quintal todo cimentado.
PC 09	Antônio Beltrami	Av. Presidente Kennedy, 227	1,20	9,0	6,5	Não bebem	Sim		Poço tampado com laje de concreto. Quintal todo cimentado. Os atuais moradores vivem nesta casa a dois anos.
PC 10	José Carlos Chaves	R. Ceará, 159	1,00	18,0	16,0	Não bebem	Sim	1997	Poço lacrado. Quintal de terra ao redor do poço.
PC 11	Anorí de Fátima	R. Tanabi, 287	1,20	15,0	12,0	Não bebem	Sim		Poço tampado com laje de concreto. Quintal todo cimentado.
PC 12	Laurito Roque Nunes	R. Maranhão, 230	1,20	8,1	7,1	Não bebem	Sim	1992	Poço tampado com várias tábuas e com 50 cm de azulejo ao redor. Existe uma fossa com cota topográfica maior do que a do poço.

Poço	Proprietário	Endereço	Diâm. (m)	Prof. (m)	N.água (m)	Uso da água	Equip. bomb.	Provável ano perf.	Observações
PC 13	Valdemar Francisco	R. Barão do R. Branco,954	1,00	5,0	3,5	Bebem às vezes	Sim	1998	Poço tampado com laje de concreto. Quintal de terra ao redor do poço.
PC 14	João Maria de Lima	R. Barão do R. Branco, 1194	1,05	5,2	4,4	Não bebem	Sim	1990	Poço tampado com laje de concreto. Quintal de terra ao redor do poço. Foram colocados peixes no poço. Existe fossa no vizinho.
PC 15	Sebastião Muniz	R. Barão do R. Branco, 1854	0,95	3,9	2,8	Bebem	Sim	1994	Poço tampado com laje de concreto.Quintal de terra com 30 cm de cimento ao redor do poço.
PC 16	Bento Bituri	R. Aleixo Pigário, 987	1,00	6,9	5,4	Não bebem	Sim		Poço tampado com laje de concreto. Quintal todo cimentado.
PC 17	Silas L. Moura (antigo morador)	Av. Presidente Kennedy,1219	0,95	7,4	6,4	Não bebem	Sim		Poço tampado com laje de concreto. Quintal todo cimentado.
PC 18	Antônio R.Gomes	R. Benedito D. Mendes, 19	1,20	9,6	7,9	Não bebem	Sim	1992	Poço tampado com laje de concreto. Quintal todo cimentado. O vizinho possui uma fossa.
PC 19	Maria Lindalva de Brito	R. da Glória, 1783	1,20	12,0		Não bebem	Sim	1997	Poço tampado com laje de concreto. Quintal de terra ao redor do poço.
PC 20	Dionézio Lima	Av. Dr.Getúlio Vargas 1169	1,20	7,5	6,1	Bebem	Sim		Poço tampado com laje de concreto.Quintal de terra com 30 cm de cimento ao redor do poço. Existem peixes no poço.
PC 21	Tiago Lemes do Prado	R. Terezina, 51	1,10	11,0	10,1	Não bebem	Sim	1994	Poço tampado com laje de concreto. Quintal todo cimentado.
PC 22	Reginaldo Lopes da Silva	R. Terezina, 1231	1,05	11,6	10,1	Bebem	Sim	1993	Poço tampado com laje de concreto. Quintal todo cimentado.
PC 23	Maria Rosa de Oliveira	R. Leonor, 2095	1,20	16,0	14,4	Não bebem	Sim	1995	Quintal de terra com horta. Poço tampado com laje de concreto.
PC 24	Maria Aparecida Marque Pereira	R. Bandeirant., 158	1,30	19,0	15,0	Bebem	Sim	1992	Quintal de terra. Poço tampado com laje de concreto.
PC 25	Agenor Ribeiro	R. Rio de Janeiro, 24	1,10		12,4	Bebem	Não	1941	Poço tampado com tábuas. Quintal cimentado próximo ao poço. Existe uma fossa no quintal.
PC 26	José Vivilaqua	R. Espírito Santo	1,20	18,0	14,5	Desativado	Não	1988	Quintal de terra, cimentado ao redor do poço, que está tampado com tábuas.
PC 27	Catarina Olinda de Oliveira	R. Esperança, 1286	1,00		16,4	Não bebem	Sim		Poço dentro da cozinha da casa.
PC 28	José Lino Pires	Av. dos Andradas, 1288	1,00	7,8	5,8	Não bebem	Sim	1998	Poço com tampa de concreto. Quintal de terra.

Cadastro de poços tubulares particulares de Urânia.

Poço	Proprietário	Endereço	Prof. (m)	N.água (m)	Vazão (m^3/h)	Tubo encam.(m)	Provável ano perf.	Firma perfuradora	Uso da água	Observações
PT 01	Mário Akamatsu	R. Jales, 443	50,0	30,0	1,5	22,0	1992		Não bebem	Quintal de terra. Utilizou-se esterco animal na horta.
PT 02	Jorge Tadashi	R. Natal,1384	59,0	27,0	0,7	9,0	1996	Contratada da Jima	Bebem	Quintal cimentado ao redor do poço
PT 03	Wilson Fernandes dos Santos	R. 21 de Novembro, 489	50,0	12,0	2,0	27,0	1995	Firma de Sta. Clara do Oeste	Não bebem	Quintal cimentado ao redor do poço. Poço com cobertura de concreto.
PT 04	Francisco Airton Saracuza	Av. Brasil, 995	50,0		1,3	16,0	1996	Franzini	Não bebem	Quintal cimentado ao redor do poço. Poço com cobertura de concreto.
PT 05	Alírio Fazzio (fábrica de móveis)	Rod. Euclides da Cunha, km 549,5	aprox. 180				1966		Bebem	Quando o atual proprietário comprou o terreno o poço já existia. Existe uma fossa próxima ao poço.
PT 06	Almindo Gitti (Posto Ipiranga)	Av. Brasil, 684	60,0		2,0	60,0	1993		Não bebem	Quintal cimentado ao redor do poço
PT 07	Auto Posto Urânia	R. Barão do Rio Branco,133	60,0		3,6	24,0	1997	Gima (Jales)	Não bebem	Quintal não cimentado ao redor do poço. A água do poço vai direto para a caixa d`água.
PT 08	Ozírio Barison	Av. Presidente, Chácar. Boa Vista	100,0		10,0	17,0	1991	Firma (Tabapuã)	Bebem	Quintal não cimentado ao redor do poço. Utililiza-se esterco animal na horta.
PT 09	Adelino Gitti (Auto Posto Texaco)	Av. Brasil, 10	100,00		10,0	100,00	1988		Bebem	Quintal de terra.Quando o poço foi construido, apresentou 0,03 mg/L de cromo.
PT 10	Sta. Casa da Miser. (Sr. Jacinto)	R. da Glória, 218	80,00	50,00			1993	Darson Zagato (Fernandópolis)	Não bebem	Caixa de concreto ao redor do poço. Quintal de terra. A água do poço vai p/ a caixa d`água.
PT 11	Adail Amorin	R. da Saudade, 595	60,00		2,5	28,00	1997	Água Rasa (Jales)	Não bebem	Caixa de concreto ao redor do poço. Quintal de terra.
PT 12	Luís Carlos de More	Final da R. Bom Jesus	52,00	27,00	0,9	30,00	1994		Bebem	Quintal de terra ao redor do poço.
PT 13	Urbano Scapin	R. Tanabi, 287	48,00	1,80	6,0	12,00	1993	Frazini Bombas (Jales)	Bebem	Quintal cimentado ao redor do poço
PT 14	Clube dos 100	R. Barão do Rio Branco, 546	45,00		1,8	42,00	1995	Frazini Bombas (Jales)	Bebem	Terreno não cimentado ao redor do poço. Existe uma fossa ativada na sauna.
PT 15	Jorge Yaguiu	R. São Paulo, 15	40,00			8,00	1989		Bebem	Quintal de terra ao redor do poço.
PT 16	Antônio Vila	R. Dona Leonor	60,00	13,00	2,6	40,00	1997	Água Rasa (Jales)	Não bebem	Quintal de terra ao redor do poço. Utiliza-se esterco animal na horta.

Cadastro de poços tubulares da SABESP de Urânia

N.E.: nível estático; N.D.: nível dinâmico

Poço	Endereço	Coord. N-S/E-W	Cota (m)	Prof. (m)	N.E. (m)	N.D. (m)	Vazão (m3/h)	Geologia	Filtros de-até (m)	Cimentaç. (m)	Ano de perfur.	Firma perfuradora	Uso
PP 01	R. Goiás, 8	7762 536,88		160,0	40,0	99,8	8,0	0,0-160,0 G. Bauru			1979		Desativado sem bomba
PP 02	R. Fortaleza	7761,8 537,07		155,0	50,0	83,8	15,0	0,0-155,0 G. Bauru			1979		Desativado, com bomba
PP 03	Av. da Saudade	7761,9 537,2		150,0	32,0	90,2	8,0	0,0-150,0 G. Bauru					Desativado, com bomba
PP 04	R. Bened. Duarte Mendes com Barão do Rio Branco	7761,3 537,36	450	109,2	24,0	69,8	18,0	0,0-102,6 G. Bauru 102,6-109,2 S. Geral	69,22 109,21	0,00-18,00	1979	Waldemar Georg. e Cia Ltda.	Desativado, com bomba
PP 05	Próximo à Lagoa de tratamento de esgoto	7761,6 538,2	430	75,0	4,6	60,5	13,7	0,0-66,0 G. Bauru 66,0-75,0 S. Geral	44,20 65,90	0,00-10,00	1979	Hidrotécnica Serv. Geol. Ltda.	Destivado e lacrado
PP 06	R. Goiás	7761,3 535,6	460	120,0	10,0	96,4	17,2	0,0-117,0 G. Bauru 117,0-120,0 S. Geral	59,81 112,53	0,00-17,00	1982	Hidrogesp Poços Artesian.Com. Ltda.	Desativado, sem bomba
PP 08	Margem esquerda da Rod. Euclídes da Cunha	7762,4 536,08	480	145,0	23,0	122,7	8,8	0,0-138,0 G. Bauru 138,0-145,0 S. Geral		0,00-18,00	1991	Politi	Desativado, sem bomba
PP 09	Próximo ao Córrego Comprido	7763,4 539,25	420	270,0			2,2	0,0-67,6 G. Bauru 67,6-270,0 S. Geral		0,00-18,00	1995	Geoplan	Não foi explorado

T 3753
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - USP
- BIBLIOTECA -

Monitoramento do Nível D'água

Poço	Data da medição	Nive d'água	Cota	Carga Hdráulica
PC-44	26/09/2001	1,93	429,00	427,07
PC-02	26/09/2001	14,47	465,56	451,08
PC-06	26/09/2001	11,89	456,38	444,49
PC-34	26/09/2001	11,80	456,60	444,80
PC-35	26/09/2001	10,56	455,00	444,35
PC-25	26/09/2001	13,13	451,36	438,22
PC-38	26/09/2001	6,96	450,00	443,00
PC-45	26/09/2001	13,63	460,74	447,11
PC-27	26/09/2001	17,15	462,76	445,61
PC-26	26/09/2001	18,48	465,83	446,82
PC-28	26/09/2001	6,41	449,67	443,26
PC-40	26/09/2001	7,22	450,00	442,78
PC-32	26/09/2001	7,76	437,60	429,84
PC-29	26/09/2001	8,15	444,17	436,02
PT-19	26/09/2001	3,93	446,35	442,41
PC-09	26/09/2001	6,97	451,17	444,2
PC-22	26/09/2001	11,32	454,30	442,97
PC-24	26/09/2001	17,02	468,88	451,18
PC-10	26/09/2001	15,87	461,85	445,98
PC-101	26/09/2001	11,38	460,00	448,62

Anexo 2

Resultados Analíticos
dos Sedimentos

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PIPAGEM E PENEIRAMENTO

IGcUSP - GSA - LABSED

sável : Angélica Souza Gutierrez						
Data : 16/08/01						
Amostra : EX P 44-48			**Massa Dispersar**		1	

Antes da separação granulométrica		**Após separação granulométrica**	
Massa total inicial - Mi (g)	48	Partículas 4000 - 0,062 (g)	40,9
Massa dos seixos (g)	0	Partículas menores 0,062 (g)	9,145
Eliminação ataque químico (g)	0	Massa total final - Mf (g)	50,045
Volume da proveta - Vp (ml)	1000	Fator de correção - Mi/Mf	0,9591

PIPETAGEM

Granulometria	**Tempo (min:s)**		**M. total (g)**	**M. frasco (g)**	**M. alíquota (g)**	**M. suspens aliq (g)**	**M. susp. Total (g)**
(mm)	10cm	20cm	Mt	Mfr	Mt-Mfr-D	Ms	Ms*Vp/20
0,062-0,031	00:29	00:58	11,386	10,9557	0,1829	0,0581	2,905
0,031-0,016	01:56	03:52	7,7777	7,6529	0,1248	0,0314	1,57
0,016-0,008	07:44	15:28	7,8918	7,7984	0,0934	0,0244	1,22
0,008-0,004	31;00	62;00	7,9281	7,8591	0,069	0,0212	1,0595
<0,004	123;00	246;00	7,83381	7,786	0,0478	0,0478	2,3905

PENEIRAMENTO		**CÁLCULOS PARA CURVA ACUMULATIVA E HISTOGRAMA**					
Granulometria (mm)	Massa (g)	M. corrig. (g)	Prp. Massa (%)	Prp. Acumulada (%)	Wenthwort	Krumbein (phi)	
4,000-2,830	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	grânulo		
2,830-2,000	2,9000	2,7800	5,7900	5,7900	grânulo		
2,000-1,410	0,70	0,67	1,40	7,19	areia mt. grossa		
1,410-1,000	0,90	0,86	1,80	8,99	areia mt. grossa		
1,000-0,707	0,60	0,58	1,20	10,19	areia grossa		
0,707-0,500	0,80	0,77	1,60	11,79	areia grossa		
0,500-0,354	2,20	2,11	4,40	16,19	areia média		
0,354-0,250	5,80	5,56	11,59	27,78	areia média		
0,250-0,177	10,20	9,78	20,38	48,16	areia fina		
0,177-0,125	7,90	7,58	15,79	63,94	areia fina		
0,125-0,088	6,50	6,23	12,99	76,93	areia mt. fina		
0,088-0,062	2,40	2,30	4,80	81,73	areia mt. fina		
<0,002 (fundo)	0,00				silte/argila		
0,062-0,031	2,905	2,79	5,80	87,53	silte grosso		
0,031-0,016	1,57	1,51	3,14	90,67	silte médio		
0,016-0,008	1,22	1,17	2,44	93,11	silte fino		
0,008-0,004	1,0595	1,02	2,12	95,22	silte mt. fino		
<0,004	2,3905	2,29	4,78	100,00	argila		
Total	50,05	48,00	100,00				

PROGRAMA DE AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO										
Análise química e CTC do solo										
Data:	19/03/2001									
Amostras		M.O	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	Na	CTC
Lab.	Solic.	g/dm³	$CaCl_2$	mmol$_c$/Kg						
392	EXP22	5	5,2	2,3	22	25	14	1,2	4,3	63,3
393	EXP26	3	5,5	2,6	49	44	12	0,7	4,8	107,6
394	EXP30	2	5	2,4	24	28	13	1,1	4,4	67,4
395	EXP34	2	6,7	2,5	81	32	7	0,3	6,2	122,5
396	EXP40	2	6,9	2,4	88	30	7	0,3	6	127,4
397	EXP43	2	6,8	1,9	52	33	8	0,3	3,6	94,9
398	EXP52	2	6,9	1,5	48	15	7	0,3	3,3	71,5
399	EXP56	2	7,1	1,5	53	15	6	0,3	4,1	75,5
400	EXP60	2	7	1,6	56	15	6	0,3	5,2	78,6
401	EXP64	2	7,4	1,7	75	17	6	0,3	6,3	99,7
402	EXP78	2	7,4	1,4	60	12	7	0,3	7,3	80,4
403	EXP80	2	7,3	1,3	52	9	7	0,3	8,1	69,3
404	EXP44a48	2	7,3	3	235	65	7	0,3	12,4	310
405	ESC10	2	7,3	0,6	43	9	8	0,3	1,7	60,6
406	ESC14	2	6,2	2,8	84	18	12	0,3	7,5	116,8
407	ESC17	2	6,4	2,4	58	39	13	0,3	5,5	112,4
408	ESC20	2	6,6	4,3	174	53	8	0,3	11,8	239,3
409	ESC24	2	7,1	3,5	158	47	7	0,3	11,1	215,5
410	ESC28	2	7,3	2,3	107	28	7	0,3	7,3	144,3
411	ESC32	2	7,3	2,2	84	25	7	0,3	7	118,2
412	ESC36	2	7,4	2,4	98	26	6	0,3	8,2	132,4
413	ESC40	2	7,3	2	74	21	6	0,3	7	103
414	ESC44	2	7,4	2,3	82	27	6	0,3	8,7	117,3
415	ESC52	2	7,5	2,4	96	24	6	0,3	9,7	128,4
416	ESC60	2	7,3	0,7	18	4	7	0,3	1,7	29,7

LABORATÓRIO DE QUÍMICA E ICP-AES

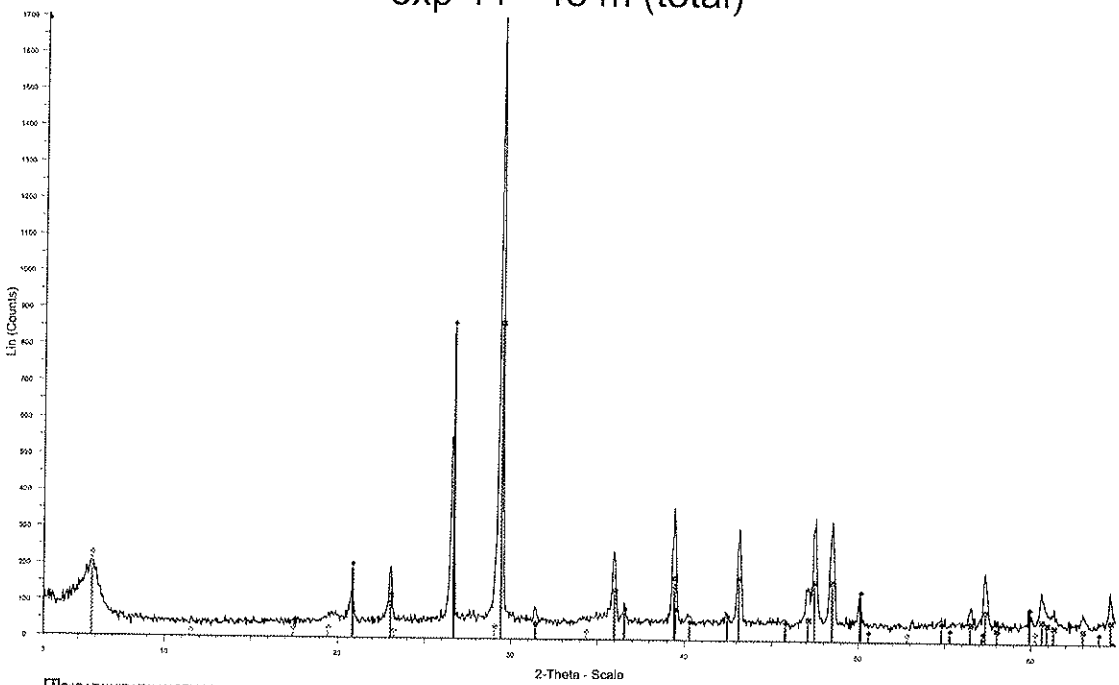
Análise química do solo

Data:	19/3/2001																		
Amostras		%Sio_2	%Al_2O_3	%Fe_2O_3	%MgO	%CaO	%Na_2O	%K_2O	%P_2O_5	%MnO	%TiO_2	%Total	%H_2O^-	Ba (ppm)	La (ppm)	Sr (ppm)	V (ppm)	Y (ppm)	Zr (ppm)
Lab.	Solic.																		
LI-145	EXP22	82,99	5,12	5,68	0,59	0,16	0,06	1,01	<0,01	0,1	1,64	99,82	0,86	324	29	28	119	13	272
LI-146	EXP26	82,46	5,1	5,15	0,93	0,24	0,09	1,31	<0,01	0,14	1,59	99,53	1,16	341	38	45	98	17	234
LI-148	EXP30	65,74	6,25	20,14	0,17	0,1	0,03	0,18	0,01	0,04	1,25	99,12	0,87	38	30	<5	376	12	300
LI-149	EXP34	74,82	5,02	5,32	2,06	4,19	0,42	1,3	0,07	0,1	1,82	99,51	1,1	823	37	281	136	19	264
LI-150	EXP40	79,53	4,5	5,09	1,78	2,55	0,36	1,32	0,07	0,11	1,77	99,95	0,77	709	32	130	127	18	271
LI-151	EXP43	84,82	3,93	4,4	0,86	0,46	0,18	1,25	0,04	0,11	1,58	99,64	0,88	406	32	52	104	19	254
Li-154	EXP52	68,37	4,44	6,73	2,48	7,74	0,39	1,27	0,05	0,14	2,49	99,88	0,91	442	27	253	183	18	478
LI-155	EXP56	85,18	3,38	3,29	1,27	1,88	0,24	1	<0,01	0,06	1,06	99,8	0,92	305	<15	103	73	<10	196
LI-156	EXP60	84,2	3	2,77	1,08	3,51	0,3	1,05	<0,01	0,06	0,83	100,32	0,83	312	26	157	67	<10	142
LI-157	EXP64	78,22	3,83	3,36	1,43	5,19	0,45	1,2	0,04	0,07	0,99	99,5	0,97	374	22	221	89	13	156
LI-158a	EXP78	83,57	3,45	2,86	1,35	2,86	0,53	1,13	0,04	0,06	0,82	99,16	0,79	352	25	152	75	12	161
LI-158b	EXP78	83,62	3,47	2,96	1,34	2,92	0,54	1,14	0,04	0,06	0,81	99,39	0,79	340	24	148	69	12	150
LI-159	EXP80	84,03	3,45	2,7	1,36	3,09	0,56	1,13	0,04	0,06	0,76	99,81	0,56	369	29	181	68	12	137
LI-152	EXP44a48	43,48	5,28	4,77	4,6	20	0,03	1,33	0,07	0,08	1,1	99,8	2,56	309	38	549	64	16	127
LI-160	ESC10	87,81	2,93	3,2	0,19	0,97	0,05	0,22	<0,01	0,04	1,12	98,69	0,42	68	<15	30	91	<10	241
LI-161	ESC14	81,87	5,04	5,81	0,98	0,32	0,1	1,21	<0,01	0,14	1,75	100,09	1,34	356	30	38	144	20	294
LI-162a	ESC17	65,12	6,55	20,03	0,49	0,22	0,07	0,52	0,01	0,07	1,27	99,33	0,85	144	<15	20	441	12	272
LI-162b	ESC17	65,25	6,45	20,06	0,49	0,22	0,07	0,54	0,01	0,07	1,26	99,39	0,85	142	<15	19	429	12	264
LI-163	ESC20	68,68	8,83	10	2,02	1,3	0,28	2,04	0,1	0,16	1,93	100,54	3,99	529	44	79	208	33	343
LI-164	ESC24	69,74	6,06	6,21	1,85	5,49	0,3	1,7	0,08	0,13	1,67	99,84	1,74	452	38	157	133	25	291
LI-147	ESC28	72,19	4,97	6,74	1,91	5,01	0,3	1,3	0,06	0,18	2,14	99,24	0,77	450	35	136	151	27	473
LI-165	ESC32	75,1	4,33	4,66	1,81	5,58	0,35	1,25	0,06	0,11	1,21	99,37	0,82	527	24	156	94	19	168
LI-169	ESC36	74,9	4,87	6,88	2,14	3,82	0,37	1,27	0,05	0,17	2,44	99,82	0,86	409	26	121	177	24	437
LI-166	ESC40	79,39	4,43	5,08	1,94	2,77	0,42	1,31	0,05	0,11	1,79	99,47	0,72	454	21	126	123	17	271
LI-167	ESC44	77,1	4,49	5,81	2,2	3,57	0,45	1,34	0,06	0,13	2,18	99,84	0,76	484	27	160	152	18	380
LI-153a	ESC52	86,09	2,98	3,73	1,19	1,56	0,22	0,92	0,02	0,08	1,45	99,91	0,53	301	32	71	97	<10	283
LI-153b	ESC52	86,56	2,96	3,71	1,19	1,53	0,22	0,91	<0,01	0,08	1,44	100,26	0,53	294	16	76	93	<10	262
LI-168	ESC60	90,18	3,12	2,89	0,27	0,43	0,11	0,11	<0,01	0,05	1,49	100,2	0,45	29	<15	19	91	<10	597
branco		<0,02	<0,01	<0,01	<0,01	0,15	<0,01	0,04	<0,01	<0,01	<0,01	0,19		<10	<15	7	<15	<10	<25

Difração de Raio X

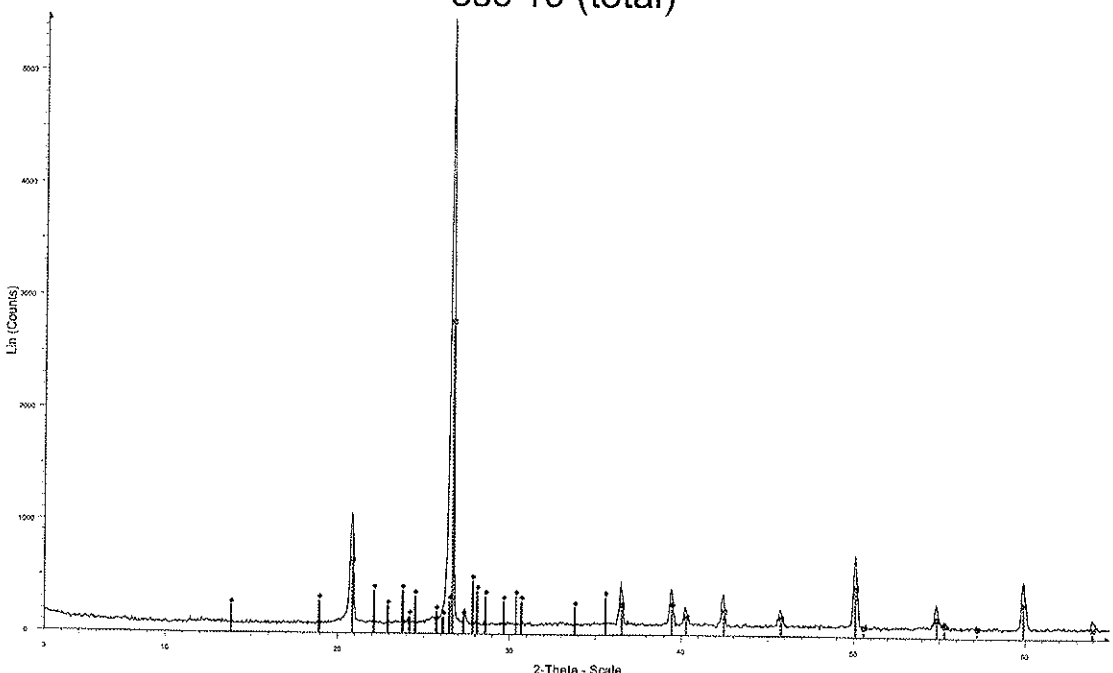
Legenda	
Identificação da amostra	**Descrição**
EXP 44-48m (total)	Amostra total
ESC 10 (total)	Amostra total
ESC 17 (total)	Amostra total
ESC 20 (total)	Amostra total
ESC 24 (total)	Amostra total
ESC 32 (total)	Amostra total
ESC 34 (total)	Amostra total
ESC 36 (total)	Amostra total
ESC 40 (total)	Amostra total
ESC 52 (total)	Amostra total
ESC 14 (total)	Amostra total
ESC 60 (total)	Amostra total
EXP 0-30 (total)	Amostra total
EXP 22 (total)	Amostra total
EXP 26 (total)	Amostra total
EXP 28 (total)	Amostra total
EXP 40 (total)	Amostra total
EXP 43 (total)	Amostra total
EXP 44 (total)	Amostra total
EXP 52 (total)	Amostra total
EXP 56 (total)	Amostra total
EXP 60 (total)	Amostra total
EXP 64 (total)	Amostra total
EXP 78 (total)	Amostra total
ESP 80 (total)	Amostra total
44 pesados	Amostra de minerais pesados ponto EXP
52 pesados	Amostra de minerais pesados ponto ESC
32 magnéticos	Amostra de minerais magnéticos ponto ESC
44 magnéticos	Amostra de minerais magnéticos ponto EXP
56 pesados	Amostra de minerais pesados ponto EXP
32 pesados	Amostra de minerais pesados ponto ESC
80 magnéticos	Amostra de minerais magnéticos ponto EXP
20 pesados	Amostra de minerais pesados ponto ESC
20 magnéticos	Amostra de minerais magnéticos ponto ESC
80 pesados	Amostra de minerais pesados ponto EXP
56 magnéticos	Amostra de minerais magnéticos ponto EXP profundidade 52 m
56 pesados	Amostra de minerais pesados ponto ESC profundidade 52 m
exp520_004mm	Amostra ESC-52m fração <0,004mm
exp44_480_004mm	Amostra EXP-44-48m fração <0,004mm
exp320_004mm	Amostra ESC-32m fração <0,004mm
exp560_004mm	Amostra EXP-56m fração <0,004mm
exp200_004mm	Amostra ESC-20m fração <0,004mm
exp800_004mm	Amostra EXP-80m fração <0,004mm

exp 44 - 48 m (total)



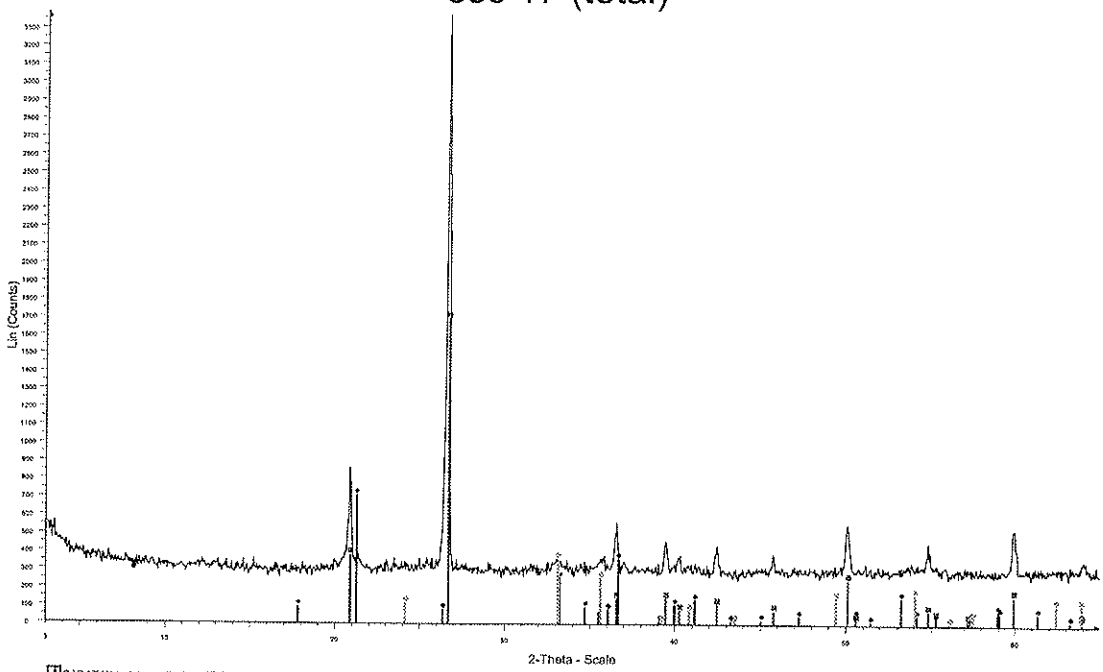
C:\DATA\HIRATA\ANGELIC\exp44_48.RAW - File: exp44_48.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s
Operations: Import
05-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
29-1491 (I) - Saponite-15A - Ca0.2Mg3(Si,Al)4O10(OH)2·4H2O - Y: 12.50 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

esc 10 (total)



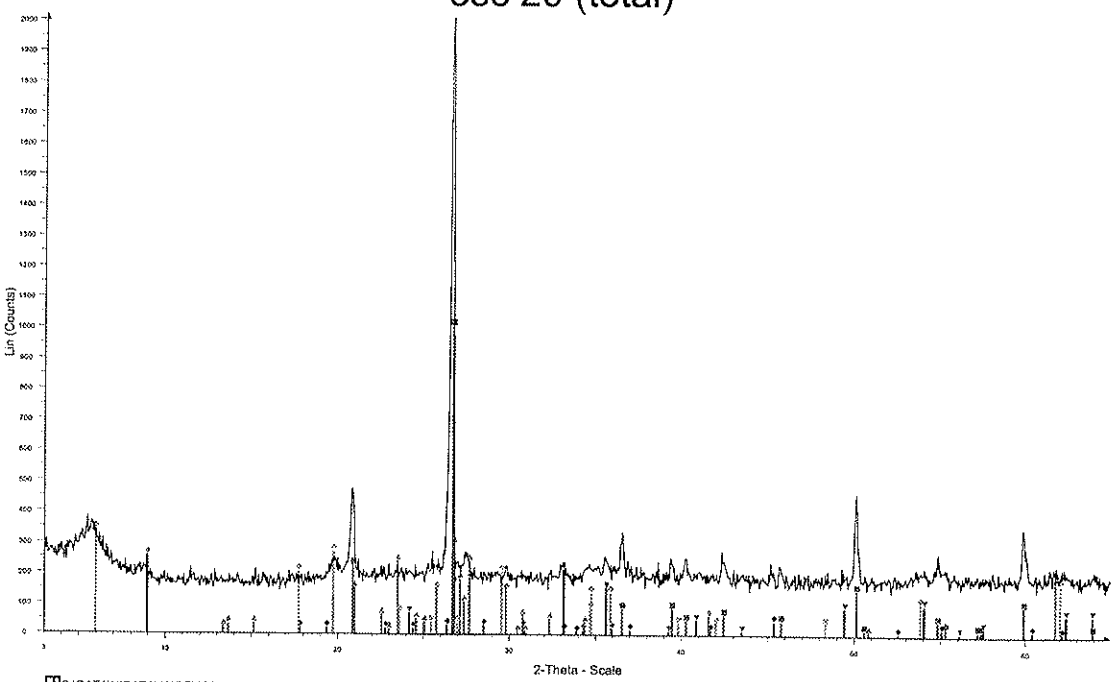
C:\DATA\HIRATA\ANGELIC\esc10.RAW - File: esc10.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
09-0456 (N) - Albite, calcian, disordered, syn - (Na,Ca)(Si,Al)4O8 - Y: 8.33 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

esc 17 (total)



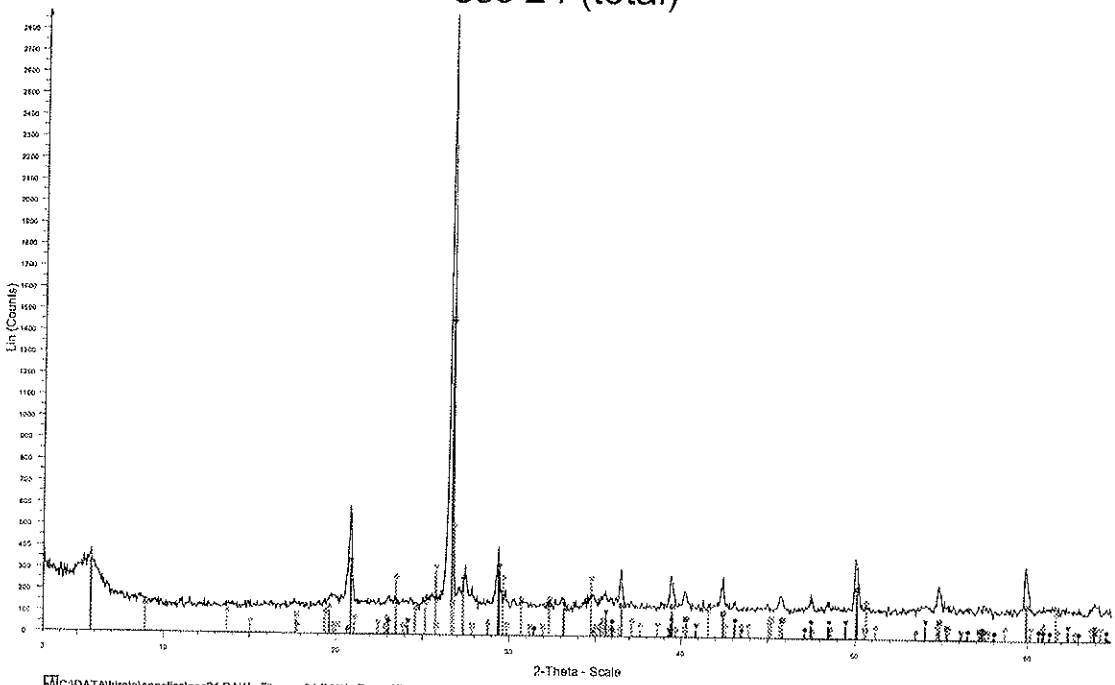
C:\DATA\hirata\angelica\esc17.RAW - File: esc17.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.000 ° -
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
29-0713 (I) - Goethite - FeO(OH) - Y: 20.83 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-0664 (*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 10.42 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

esc 20 (total)



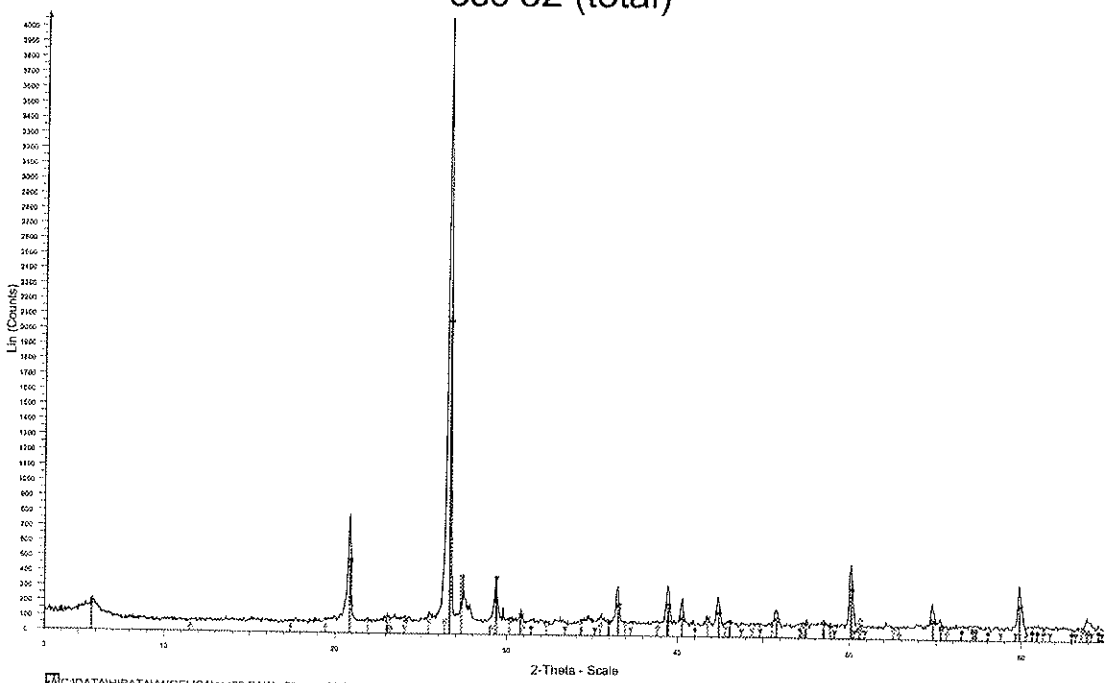
C:\DATA\HIRATA\ANGELICA\esc20.RAW - File: esc20.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Th
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
16-0344 (*) - Phlogopite-1M, syn - KMg3(Si3Al)O10F2 - Y: 12.50 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
10-0353 (D) - Sanidine, high, syn - KAlSi3O8 - Y: 14.58 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
13-0135 (N) - Montmorillonite-15A - Ca0.2(Al,Mg)2Si4O10(OH)2·4H2O - Y: 16.67 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-0664 (*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 10.42 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

esc 24 (total)



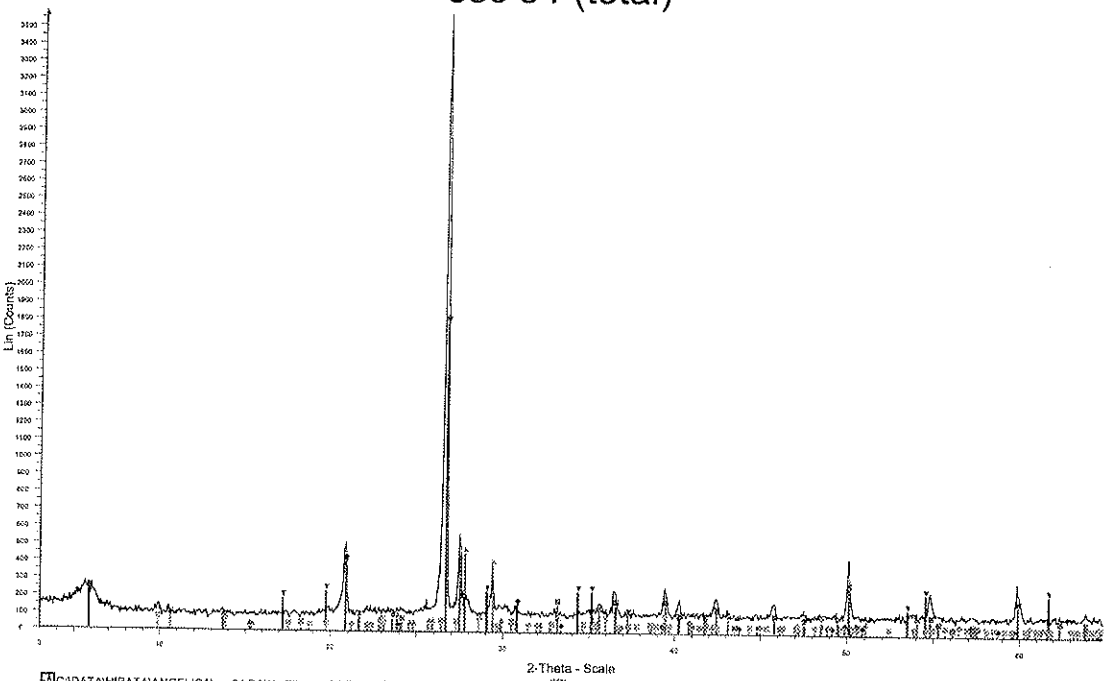
C:\DATA\hirata\angelica\esc24.RAW - File: esc24.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.0
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
25-1498 (*) - Stevensite-15A - Ca0.2Mg2.8Si4O10(OH)2·4H2O - Y: 10.42 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0003 (N) - Orthoclase, barian - (K,Ba)(Si,Al)4O8 - Y: 16.67 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
05-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 10.42 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-0664 (*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
26-0911 (I) - Illite-2M1 - (K,H3O)Al2Si3AlO10(OH)2 - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

esc 32 (total)

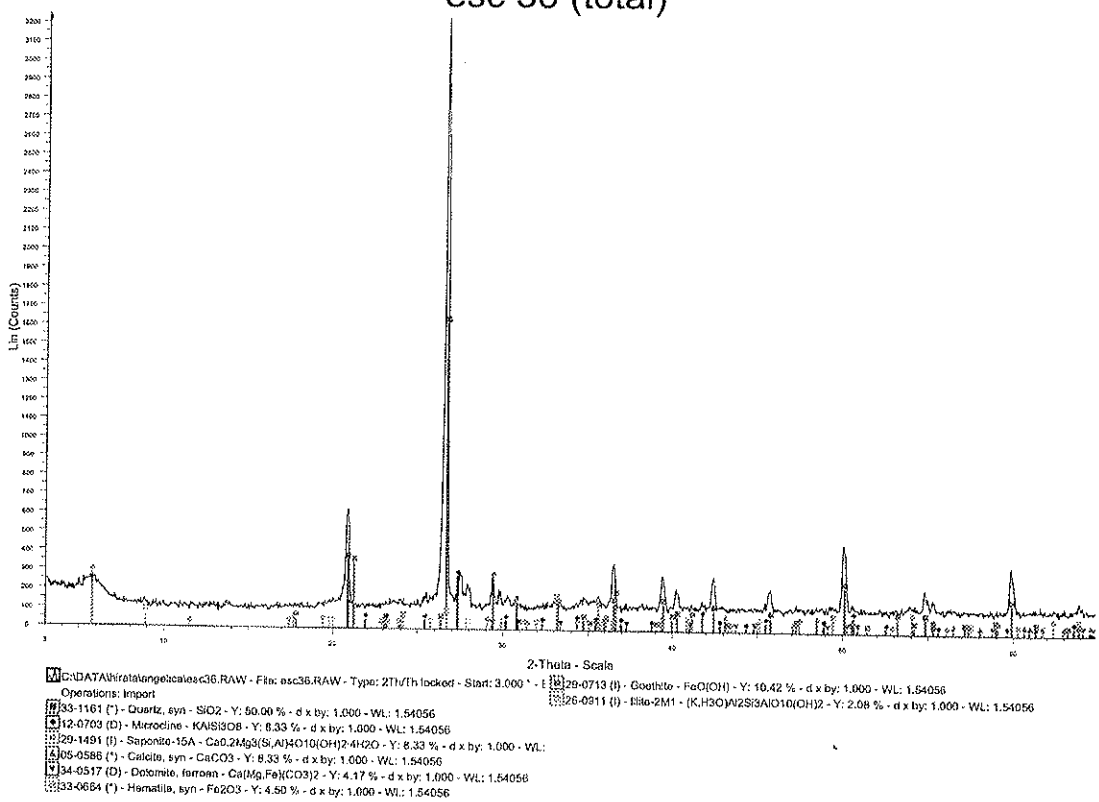


C:\DATA\HIRATA\ANGELICA\esc32.RAW - File: esc32.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
05-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 8.33 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
34-0517 (D) - Dolomite, ferroan - Ca(Mg,Fe)(CO3)2 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
12-0703 (D) - Microcline - KAlSi3O8 - Y: 8.33 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
29-1491 (I) - Saponite-15A - Ca0.2Mg3(Si,Al)4O10(OH)2·4H2O - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

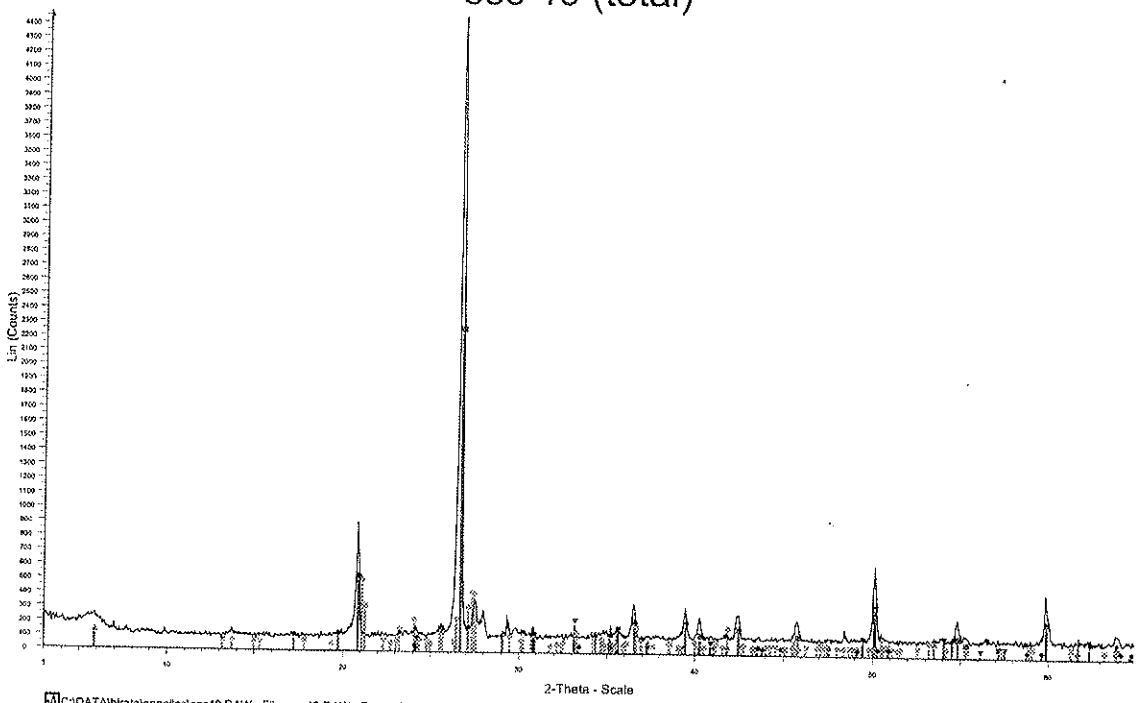
esc 34 (total)



esc 36 (total)

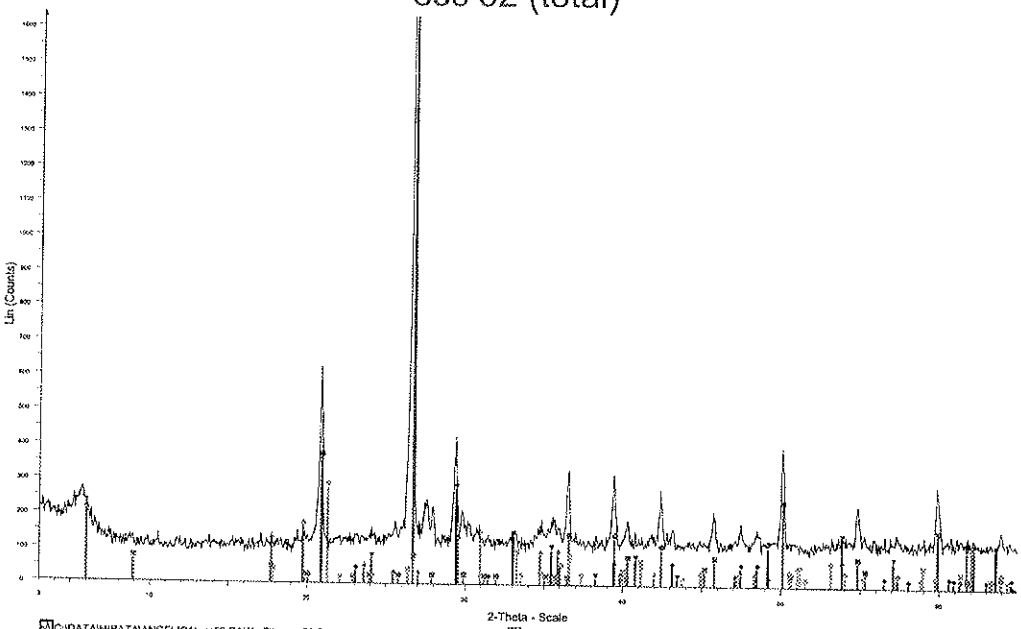


esc 40 (total)

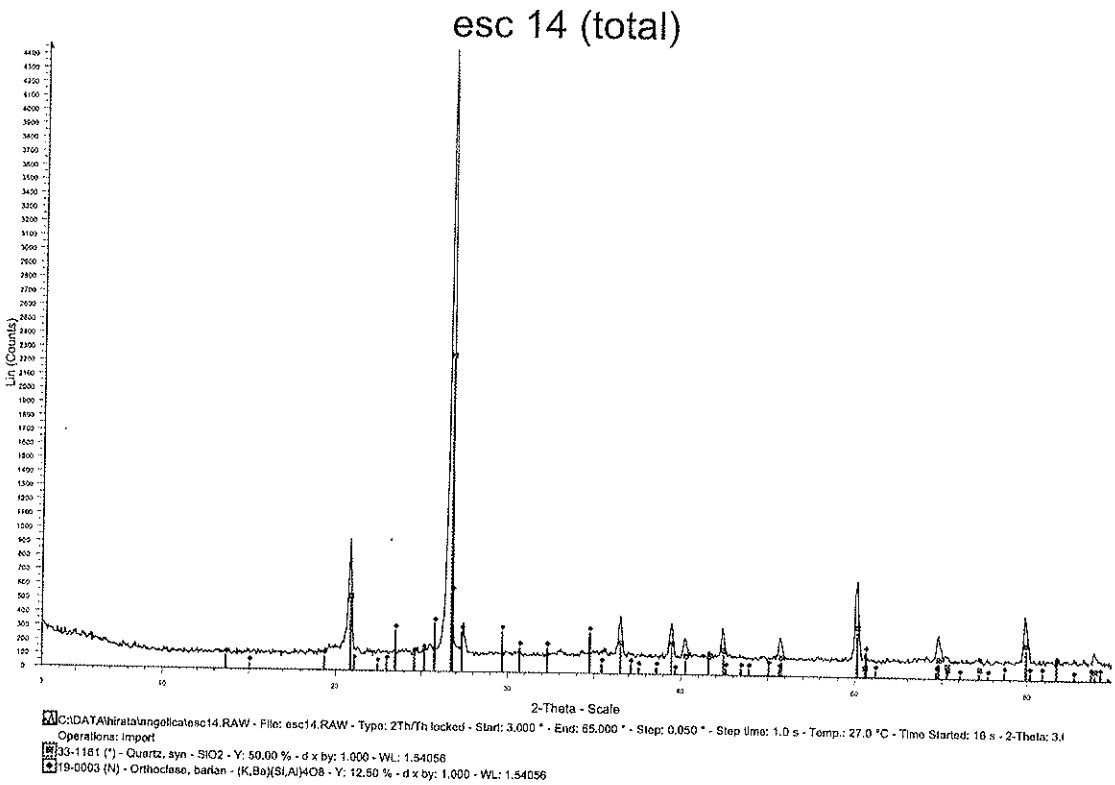


C:\DATA\hirata\angelica\esc40.RAW - File: esc40.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.000
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0926 (*) - Microcline, ordered - KAlSi3O8 - Y: 10.42 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
34-0517 (D) - Dolomite, ferroan - Ca(Mg,Fe)(CO3)2 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
03-0009 (D) - Montmorillonite - Si-Al-Fe-Mg-O - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-0664 (*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
29-0713 (I) - Goethite - FeO(OH) - Y: 6.25 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

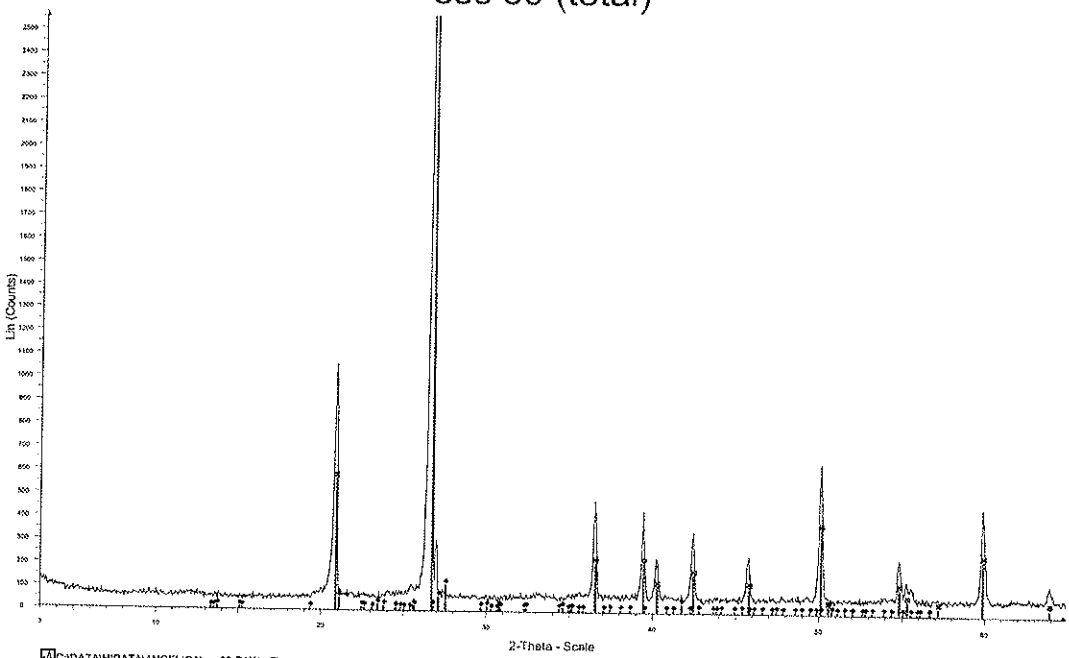
esc 52 (total)



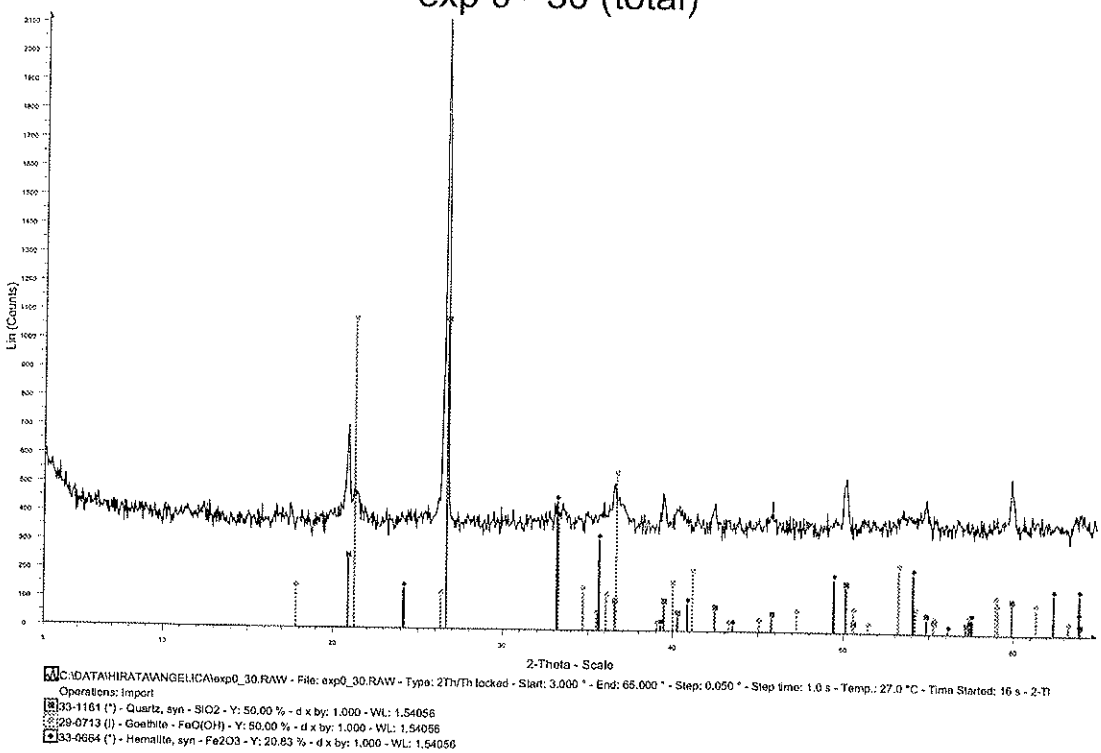
C:\DATA\HIRATA\ANGELICA\esc52.RAW - File: esc52.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.0(28-0911 (I) - Illite-2M1 - (K,H3O)Al2Si3AlO10(OH)2 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
05-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 8.33 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
11-0078 (D) - Dolomite - CaMg(CO3)2 - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
13-0135 (N) - Montmorillonite-15A - Ca0.2(Al,Mg)2Si4O10(OH)2·4H2O - Y: 8.25 % - d x by: 1.0(
03-0800 (D) - Hematite - Fe2O3 - Y: 4.12 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
17-0536 (D) - Goethite - FeO(OH) - Y: 8.33 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056


esc 14 (total)
Lin (Counts)
2-Theta - Scale
C:\DATA\hirata\angelica\esc14.RAW - File: esc14.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0003 (N) - Orthoclase, barian - (K,Ba)(Si,Al)4O8 - Y: 12.50 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

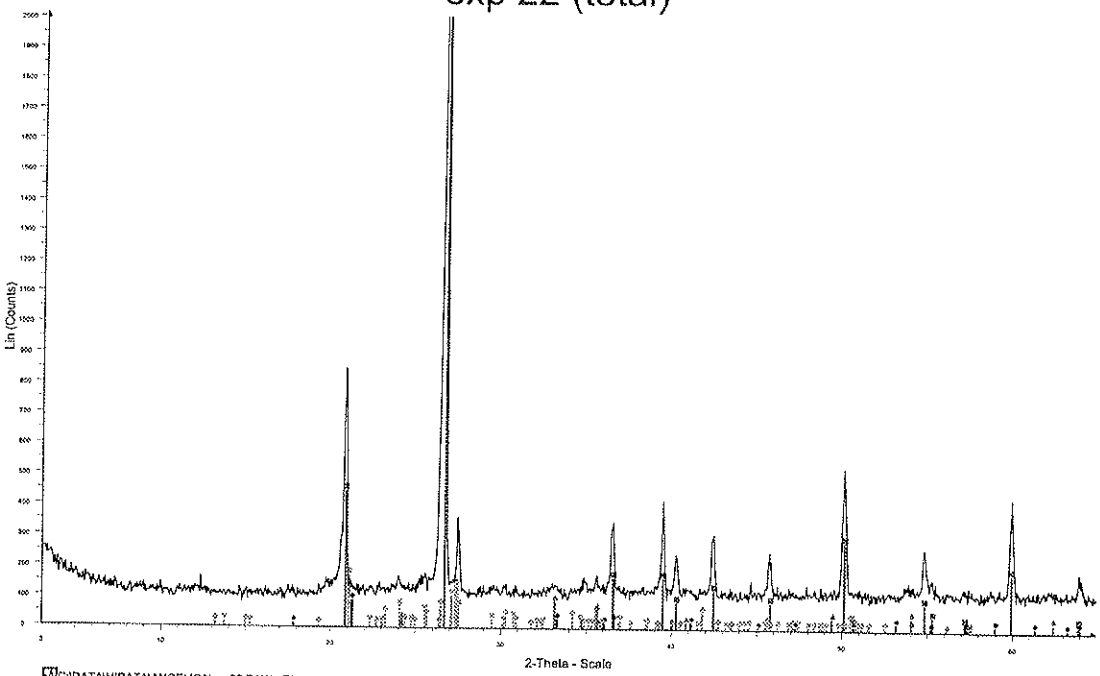
esc 60 (total)



exp 0 - 30 (total)

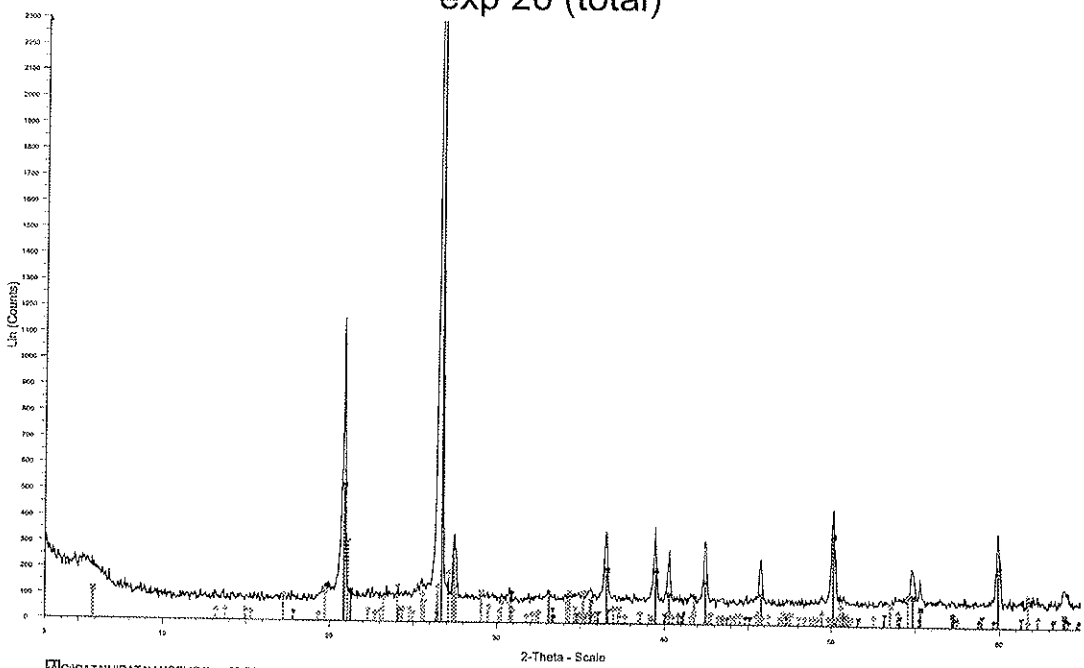


exp 22 (total)



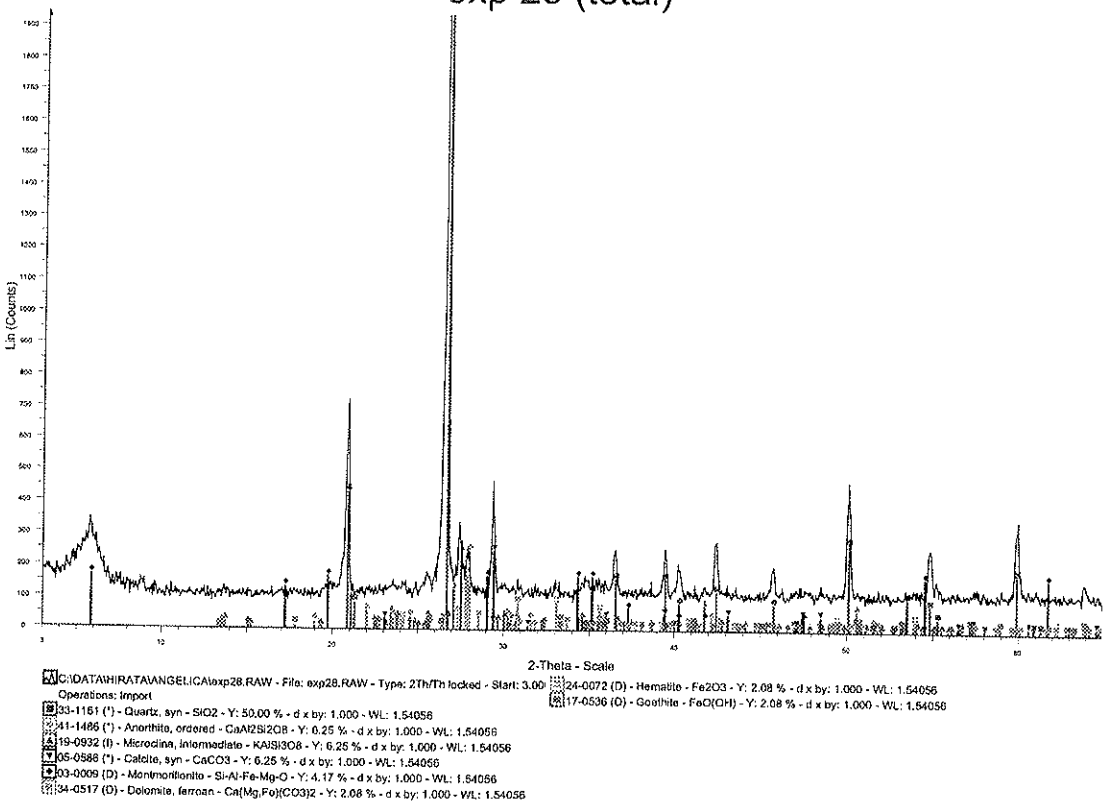
C:\DATA\HIRATA\ANGELICA\exp22.RAW - File: exp22.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta:
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
17-0536 (D) - Goethite - FeO(OH) - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0926 (*) - Microcline, ordered - KAlSi3O8 - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-0664 (*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

exp 26 (total)

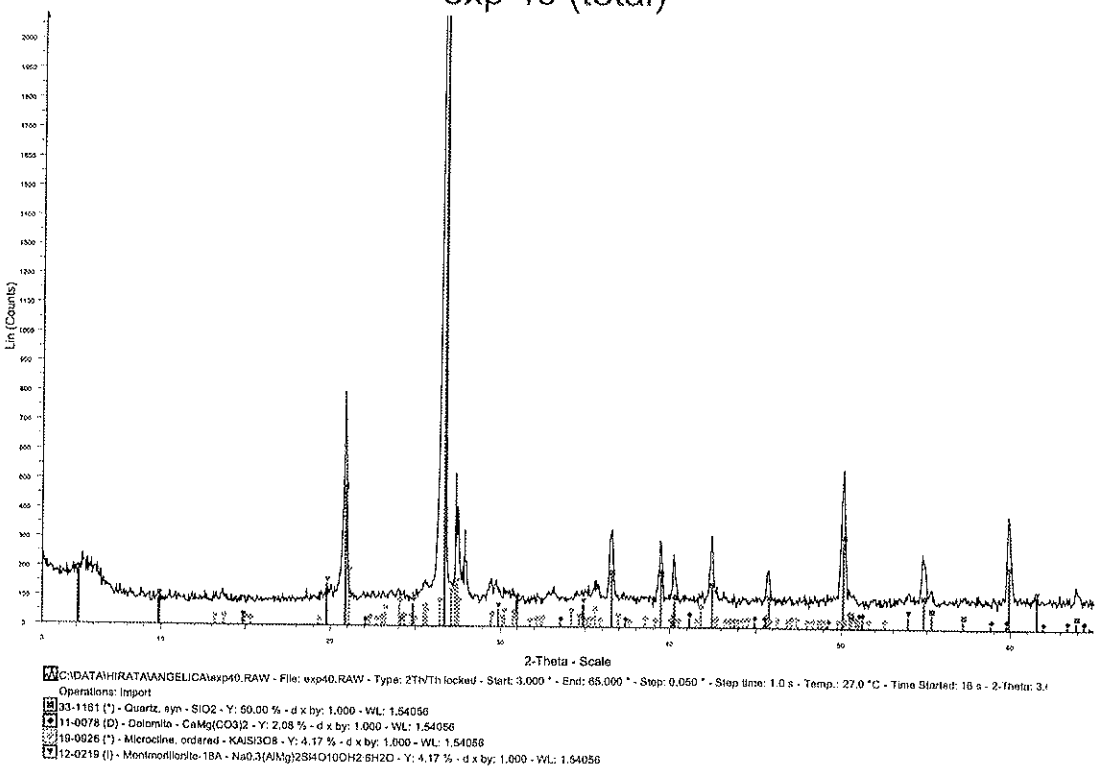


C:\DATA\HIRATA\ANGELICA\exp26.RAW - File: exp26.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.0
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
34-0517 (D) - Dolomite, ferroan - Ca(Mg,Fe)(CO3)2 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0926 (*) - Microcline, ordered - KAlSi3O8 - Y: 6.25 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
24-0072 (D) - Hematite - Fe2O3 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
17-0536 (D) - Goethite - FeO(OH) - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
03-0009 (D) - Montmorillonite - Si-Al-Fe-Mg-O - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

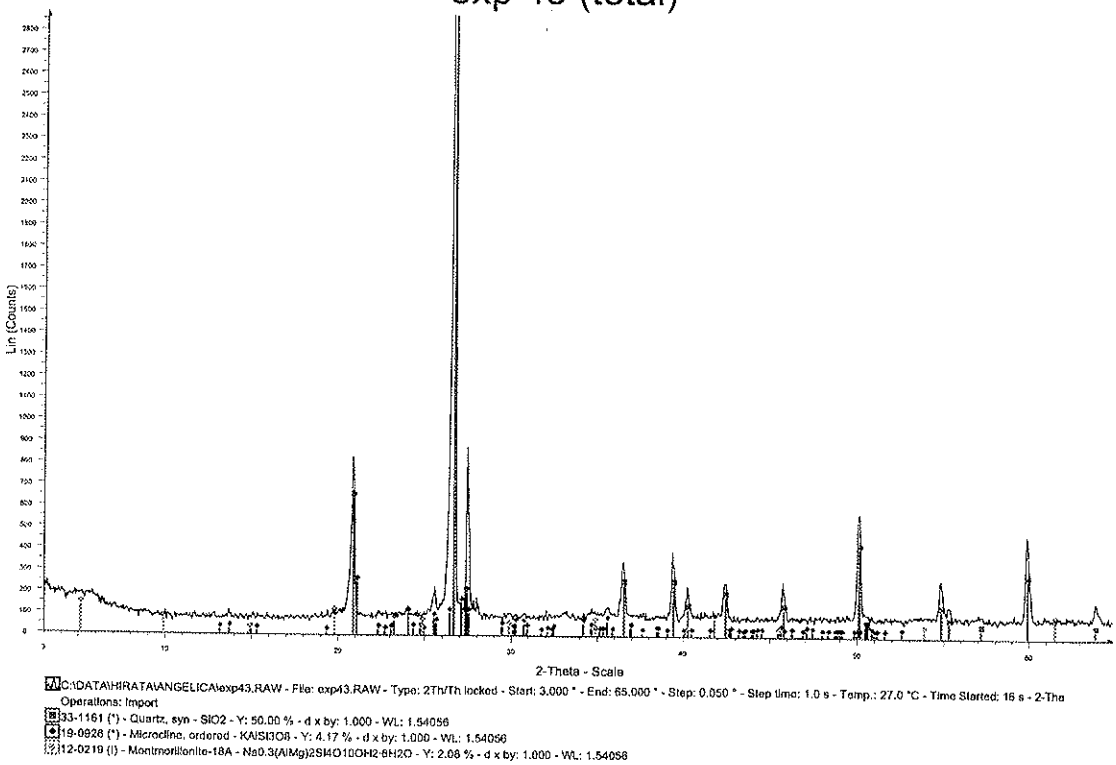
exp 28 (total)


Lin (Counts)
2-Theta - Scale
C:\DATA\HIRATA\ANGELICA\exp28.RAW - File: exp28.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.00
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
41-1486 (*) - Anorthite, ordered - CaAl2Si2O8 - Y: 6.25 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0932 (I) - Microcline, intermediate - KAlSi3O8 - Y: 6.25 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
05-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 6.25 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
03-0009 (D) - Montmorillonite - Si-Al-Fe-Mg-O - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
34-0517 (D) - Dolomite, ferroan - Ca(Mg,Fe)(CO3)2 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
24-0072 (D) - Hematite - Fe2O3 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
17-0536 (D) - Goethite - FeO(OH) - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

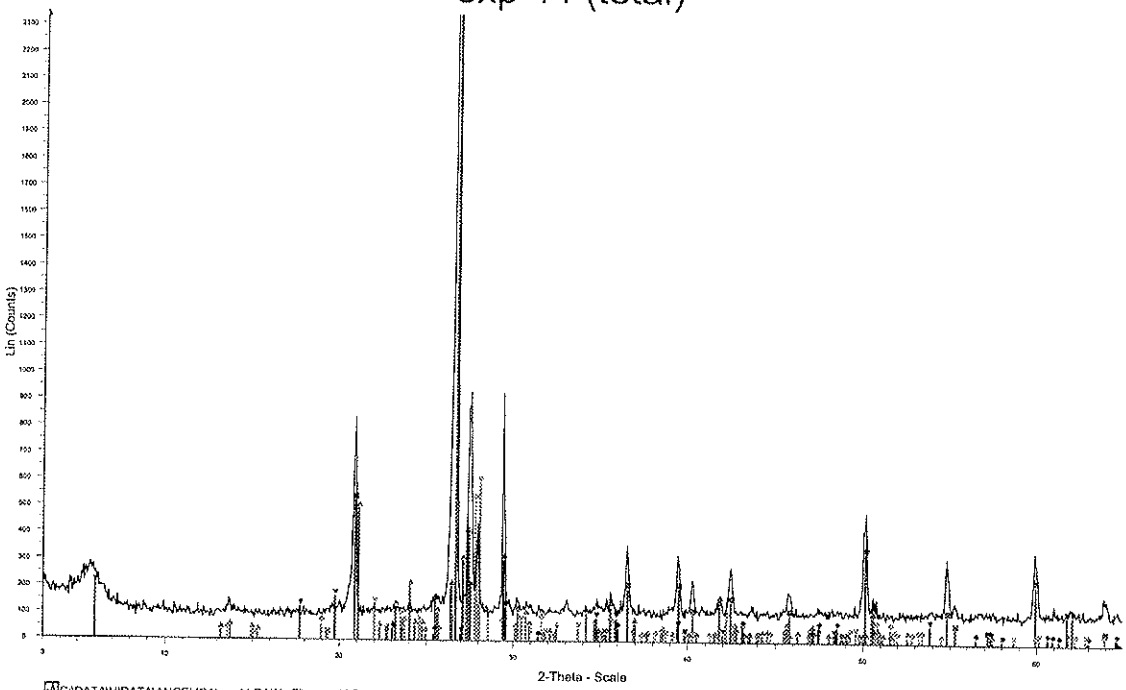
exp 40 (total)



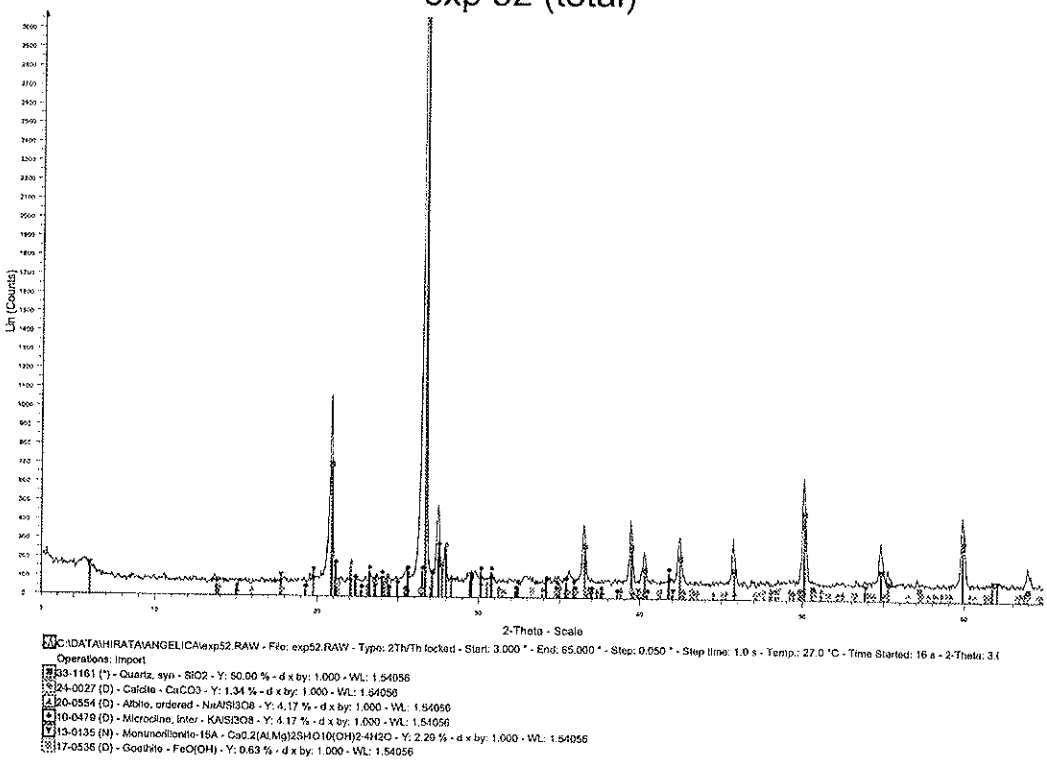
exp 43 (total)



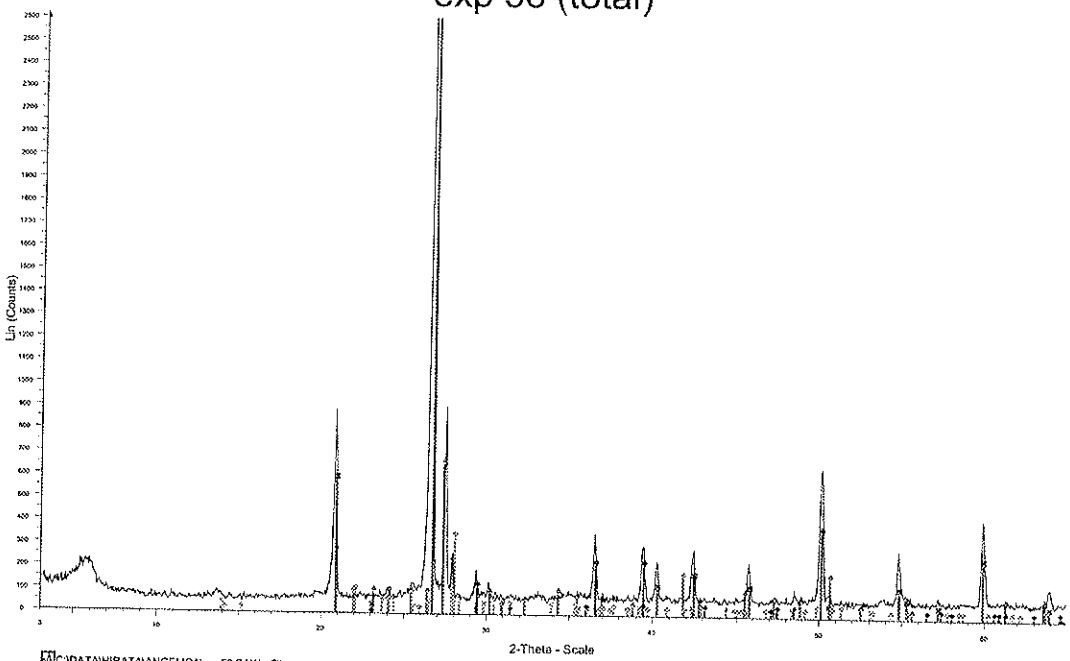
exp 44 (total)



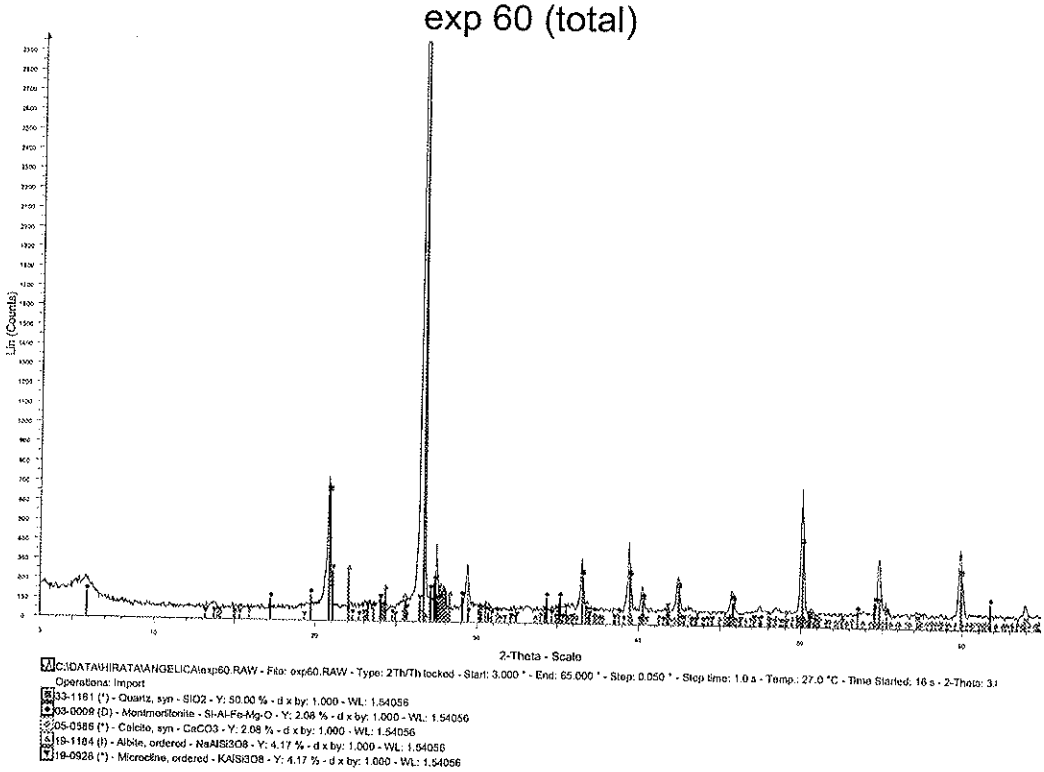
exp 52 (total)



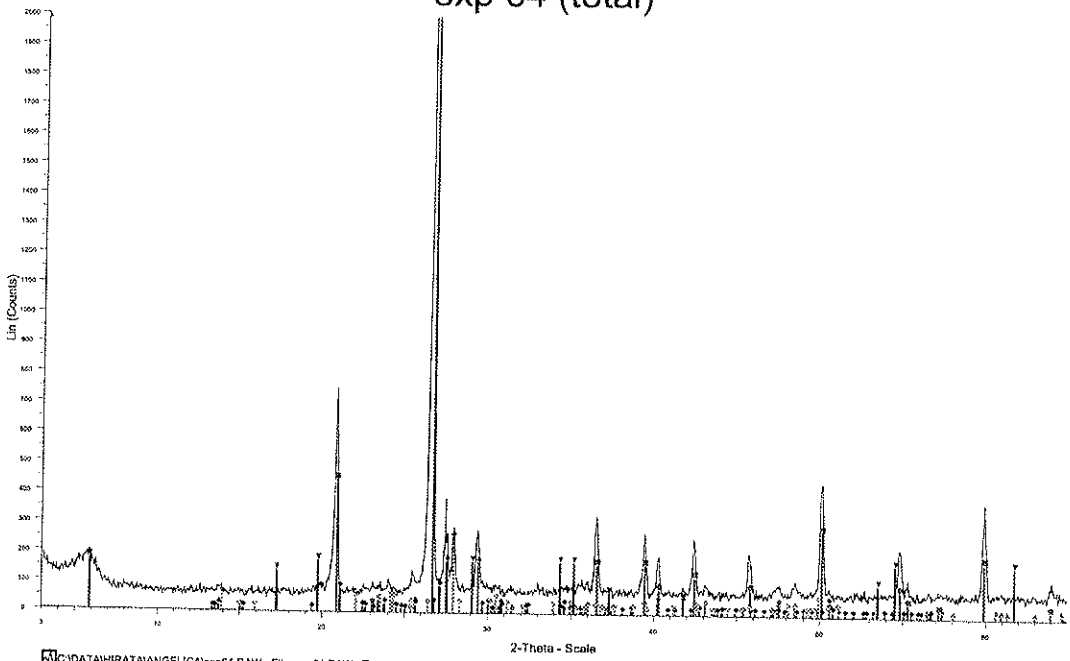
exp 56 (total)



exp 60 (total)

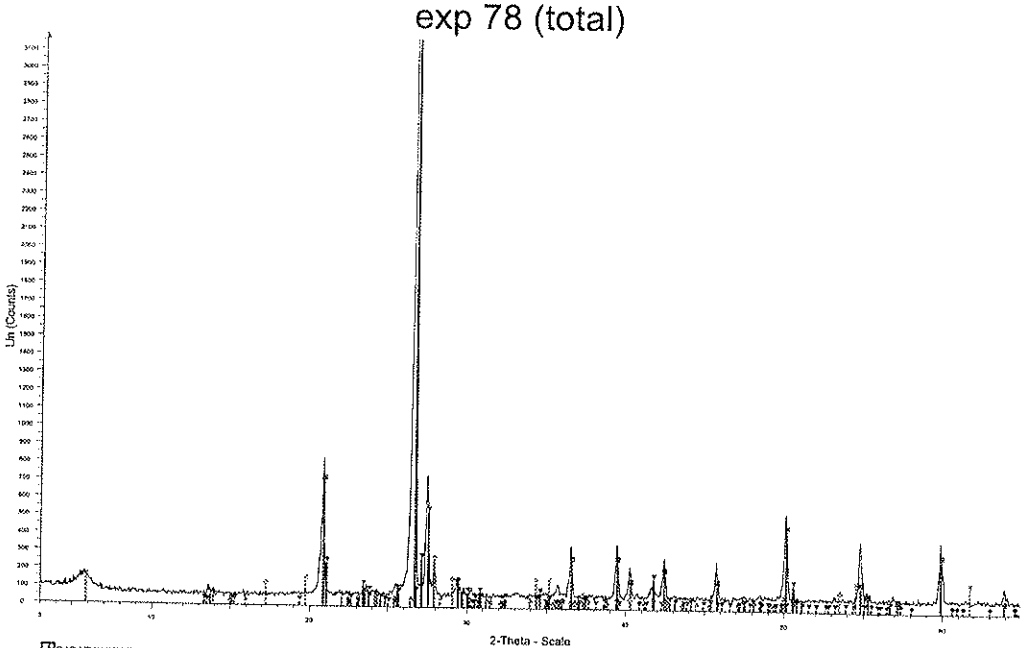


exp 64 (total)



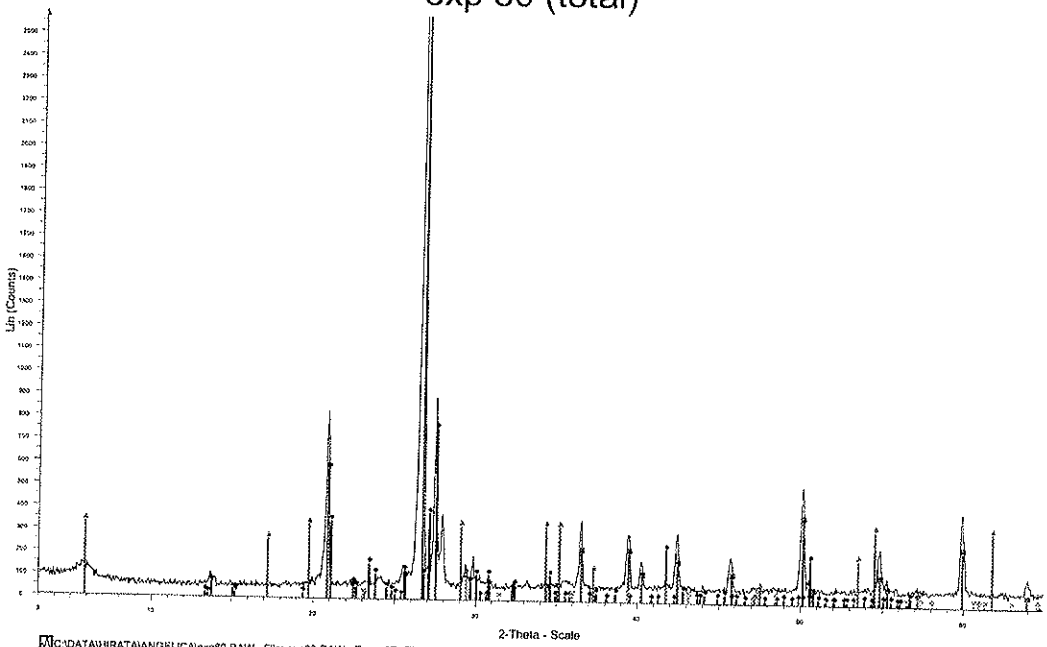
C:\DATA\HIRATA\ANGELICA\exp64.RAW - File: exp64.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.0
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0932 (I) - Microcline, intermediate - KAlSi3O8 - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
09-0466 (*) - Albite, ordered - NaAlSi3O8 - Y: 6.25 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
05-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
03-0009 (D) - Montmorillonite - Si-Al-Fe-Mg-O - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

exp 78 (total)



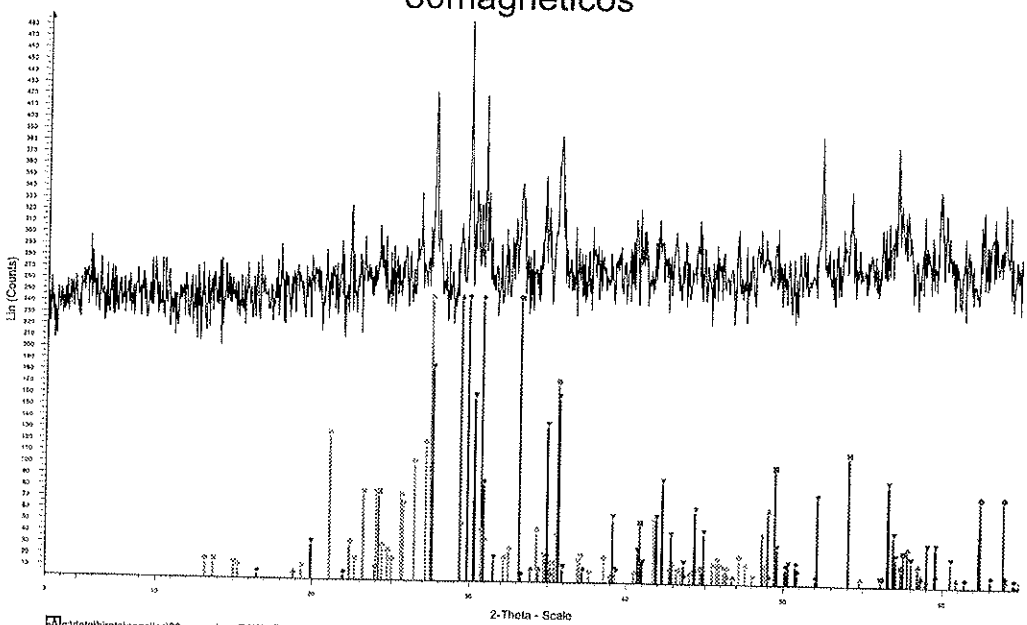
C:\DATA\HIRATA\ANGELICA\exp78.RAW - File: exp78.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
05-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
03-0009 (D) - Montmorillonite - Si-Al-Fe-Mg-O - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
09-0466 (*) - Albite, ordered - NaAlSi3O8 - Y: 4.17 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0932 (I) - Microcline, intermediate - KAlSi3O8 - Y: 8.33 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

exp 80 (total)



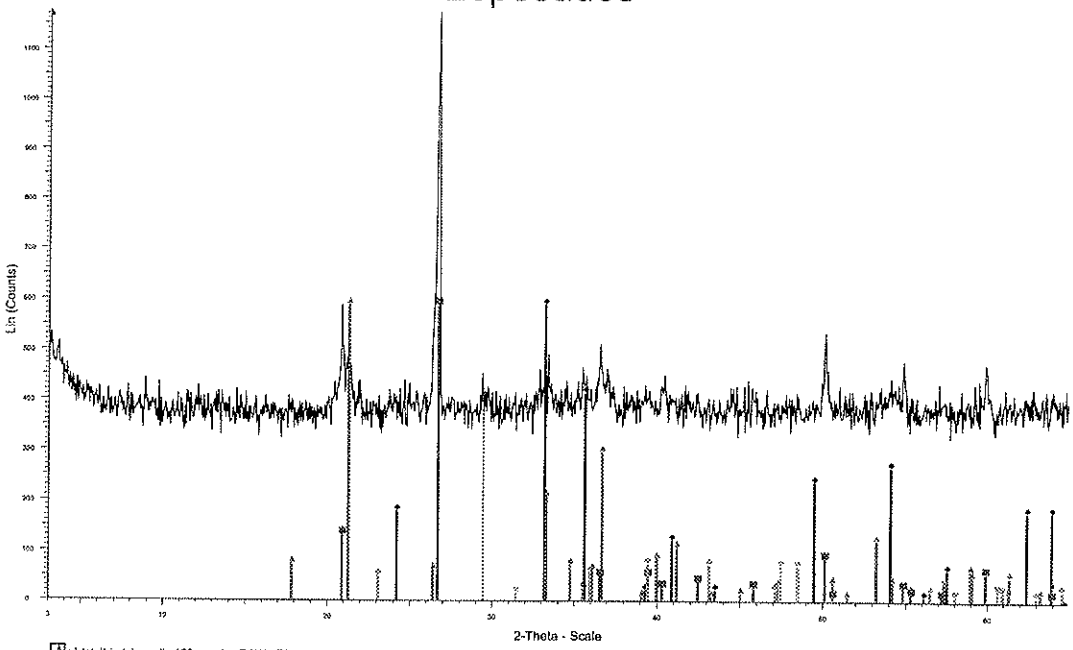
C:\DATA\IIRATA\ANGELICA\exp80.RAW - File: exp80.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 16 s - 2-Theta: 3.
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0932 (I) - Microcline, intermediate - KAlSi3O8 - Y: 14.58 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
05-0586 (*) - Calcite, syn - CaCO3 - Y: 2.08 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
03-0009 (D) - Montmorillonite - Si-Al-Fe-Mg-O - Y: 8.25 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

80magneticos

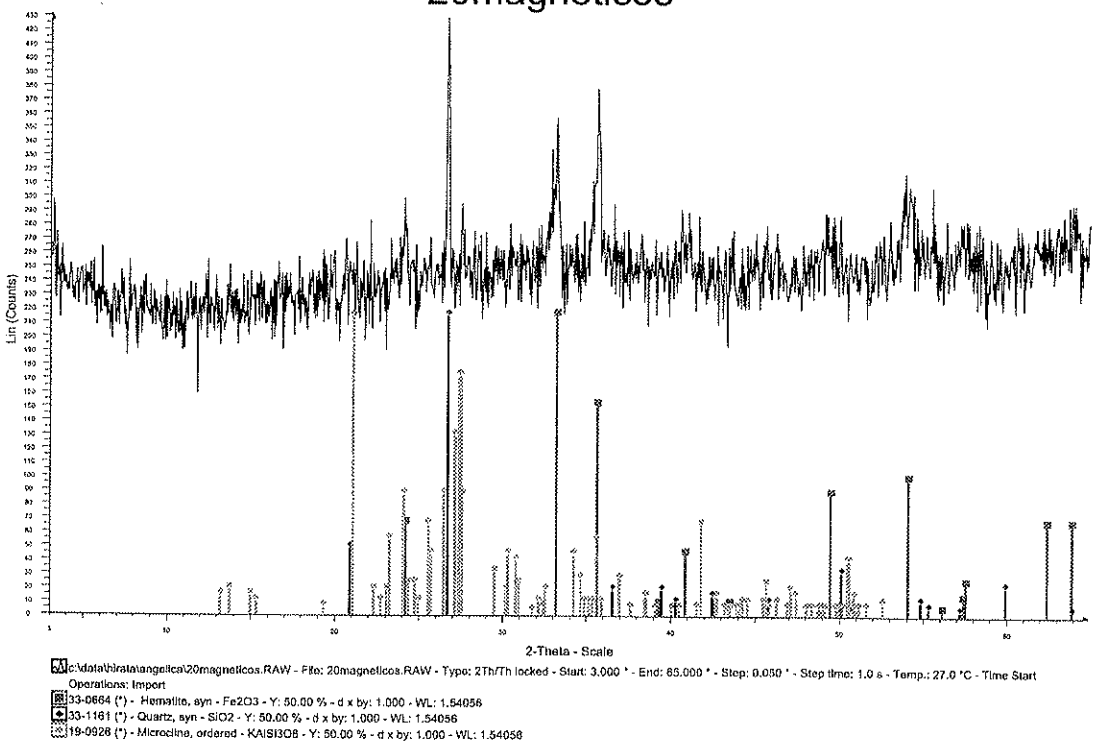


c:\data\iirata\angelica\80magneticos.RAW - File: 80magneticos.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 41
Operations: Import
33-0664 (*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
41-0586 (*) - Ankerite - Ca(Fe,Mg)(CO3)2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
22-0687 (C) - Microcline, ordered - KAlSi3O8 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
37-0471 (*) - Chalcopyrite - CuFeS2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
24-0203 (I) - Augite - Ca(Mg,Fe)Si2O6 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

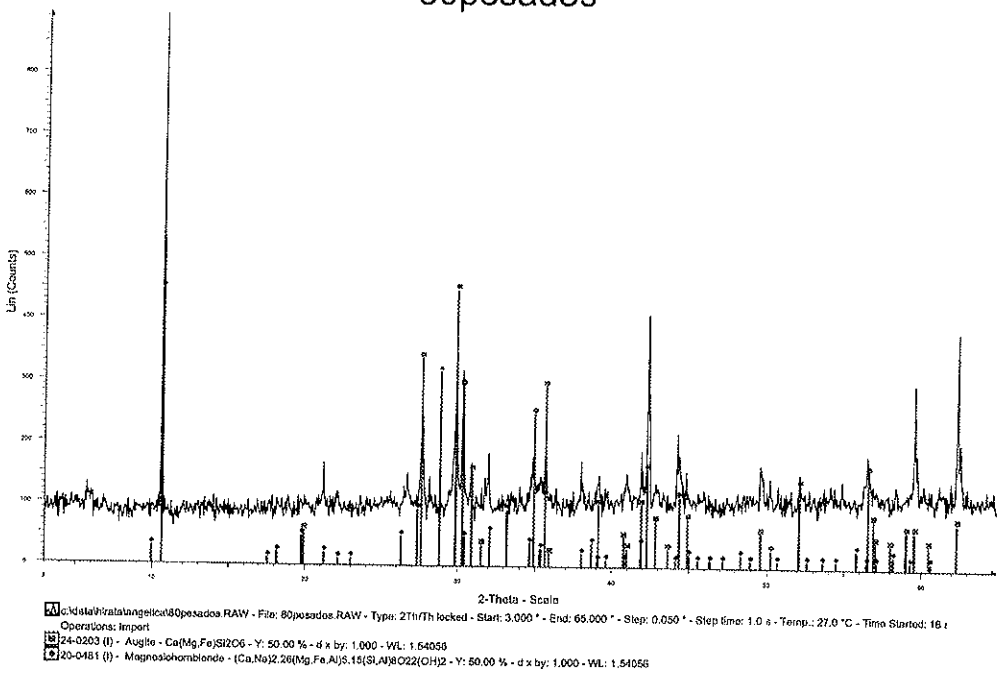
20pesados



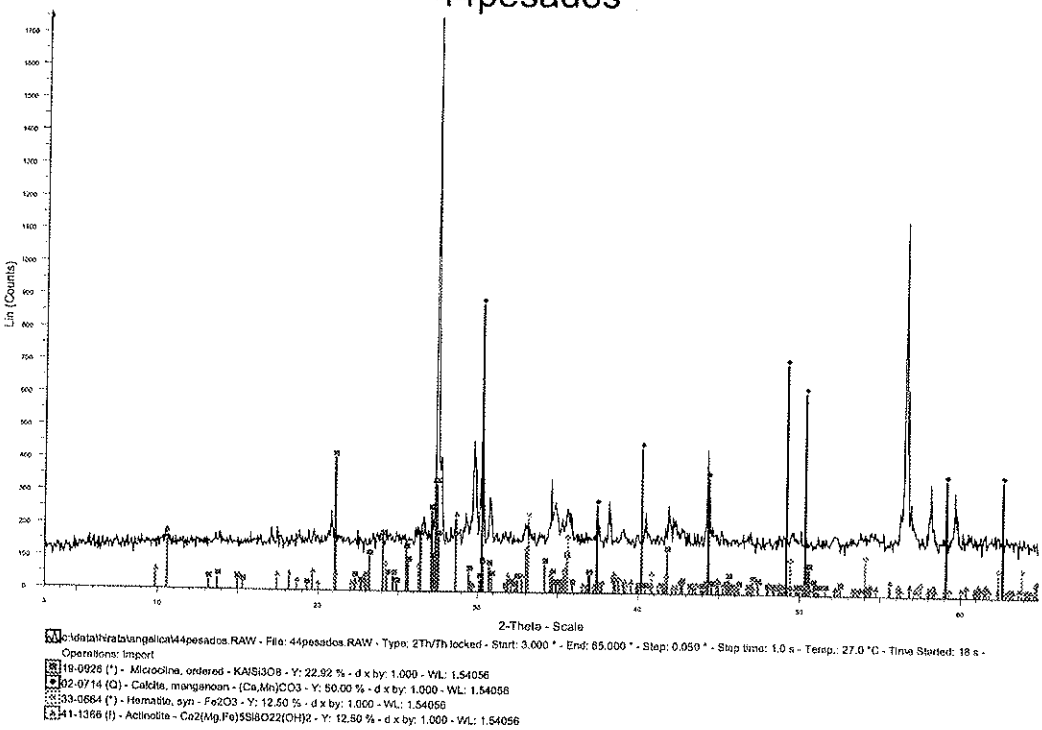
20magneticos



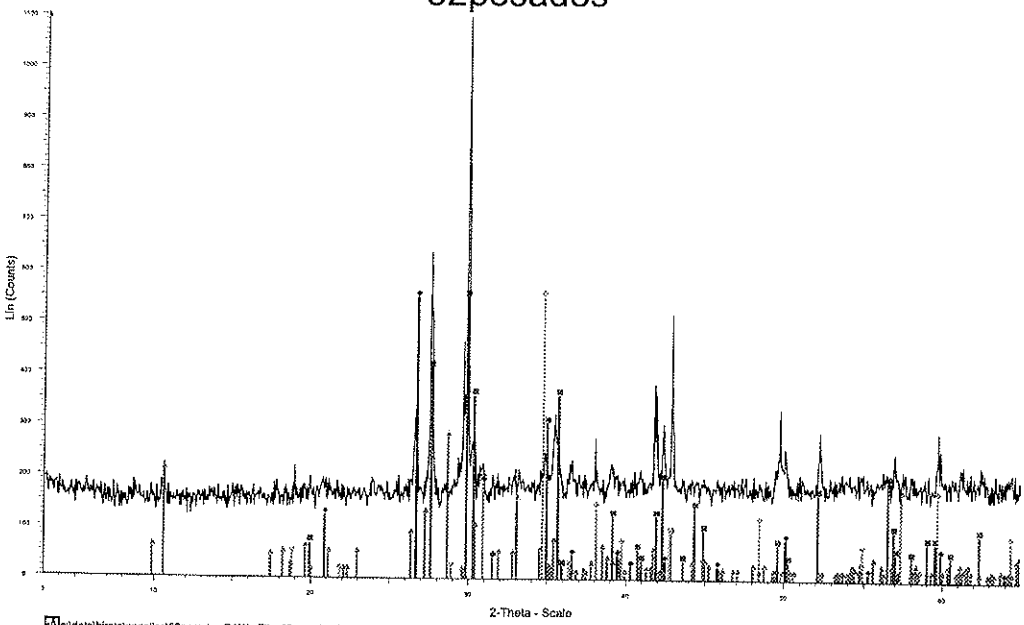
80pesados



44pesados

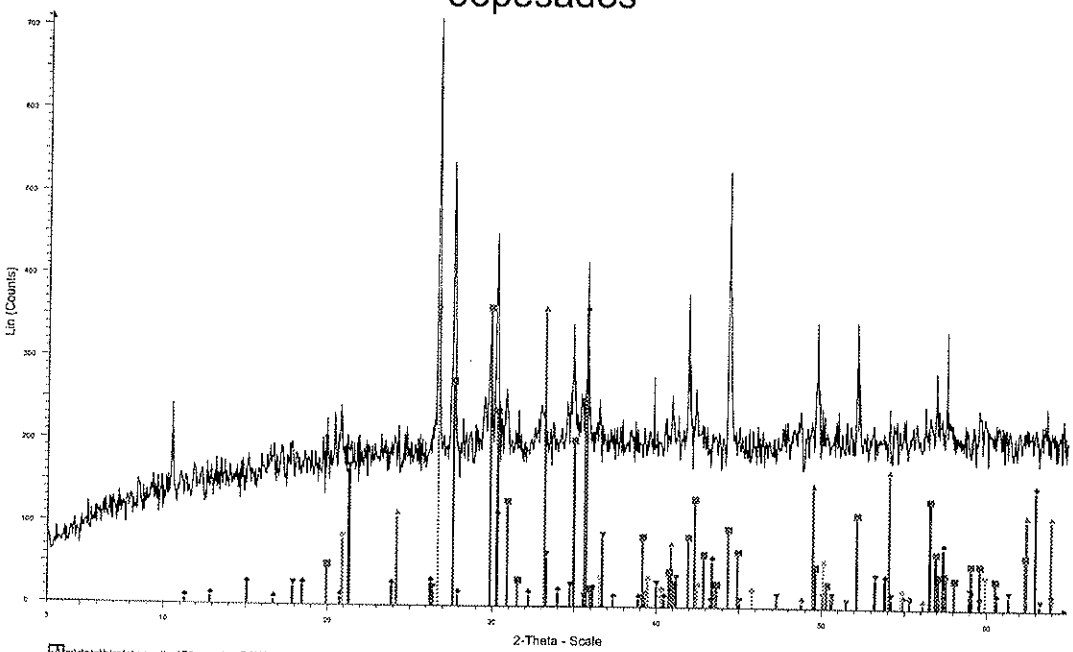


52pesados



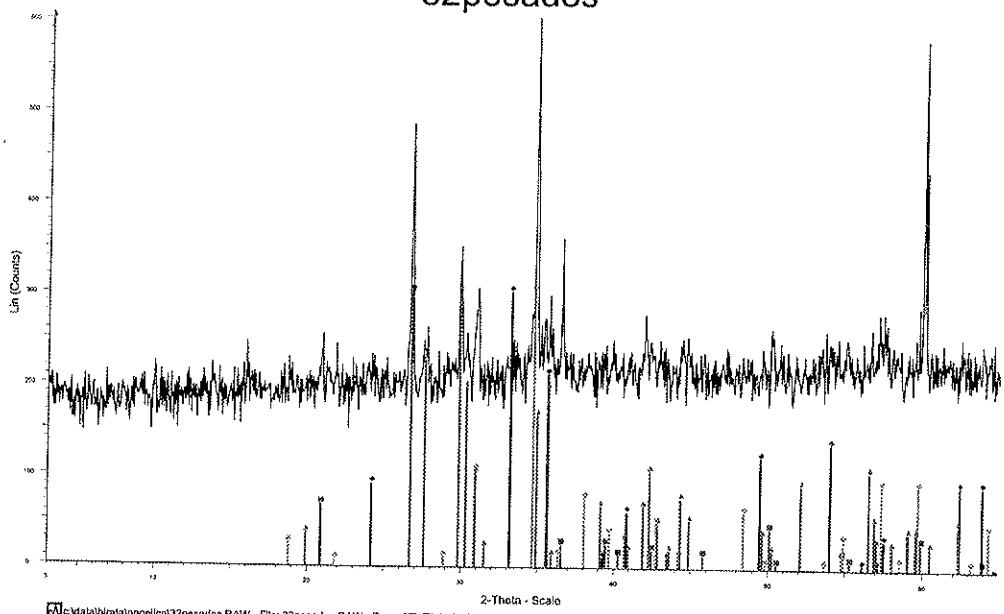
c:\data\hirata\angelica\52pesados.RAW - File: 52pesados.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 18 s - 2-
Operations: Import
24-0203 (I) - Augite - Ca(Mg,Fe)Si2O6 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-0658 (*) - Almandine, manganean - (Fe,Mn)3Al2(SiO4)3 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
41-1366 (I) - Actinolite - Ca2(Mg,Fe)5Si8O22(OH)2 - Y: 25.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

56pesados



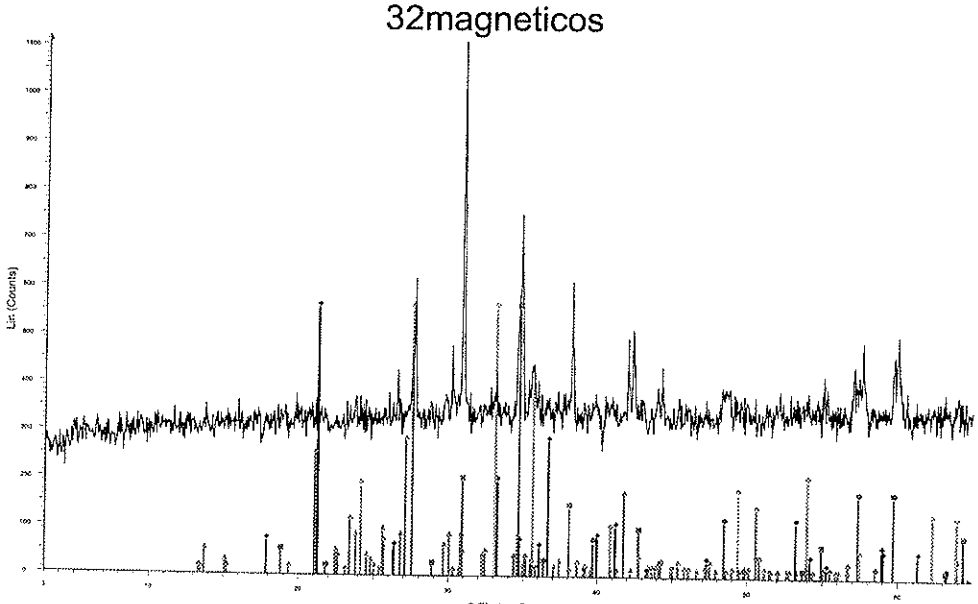
c:\data\hirata\angelica\56pesados.RAW - File: 56pesados.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 56 s
Operations: Import
24-0203 (I) - Augite - Ca(Mg,Fe)Si2O6 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
25-1402 (I) - Maghemite-Q, syn - Fe2O3 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-0664 (*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
29-0713 (I) - Goethite - FeO(OH) - Y: 22.92 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

32pesados



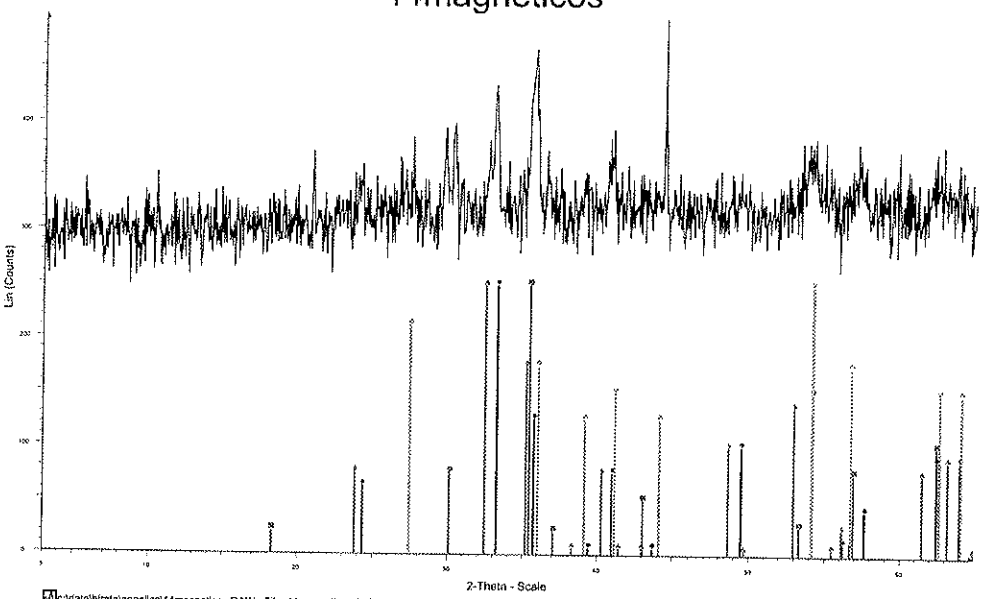
c:\data\hirata\angelica\32pesados.RAW - File: 32pesados.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Started: 18
Operations: Import
33-1161 (*) - Quartz, syn - SiO2 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-0664 (*) - Hematite, syn - Fe2O3 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
33-0658 (*) - Almandine, manganoan - (Fe,Mn)3Al2(SiO4)3 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
24-0203 (I) - Augite - Ca(Mg,Fe)Si2O6 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

32magneticos

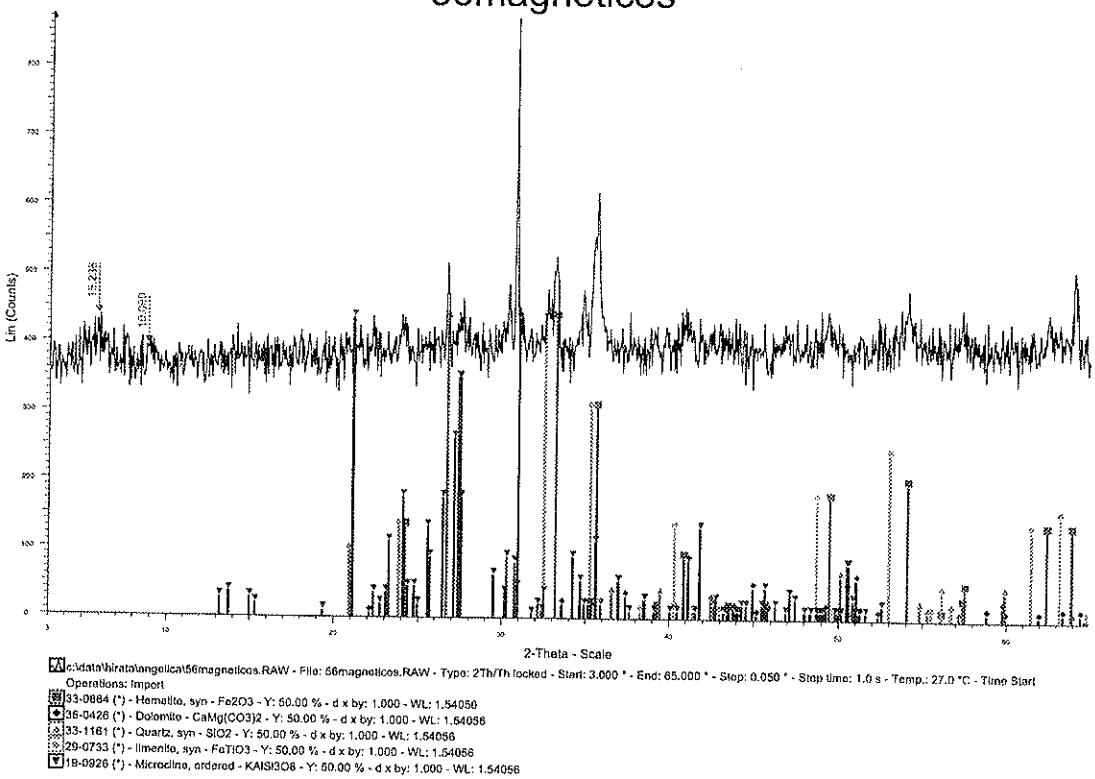


c:\data\hirata\angelica\32magneticos.RAW - File: 32magneticos.RAW - Type: 2Th/Th locked - Start: 3.000 ° - End: 65.000 ° - Step: 0.050 ° - Step time: 1.0 s - Temp.: 27.0 °C - Time Starte
Operations: Import
33-0658 (*) - Almandine, manganoan - (Fe,Mn)3Al2(SiO4)3 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
29-0713 (I) - Goethite - FeO(OH) - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
24-0072 (D) - Hematite - Fe2O3 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056
19-0932 (I) - Microcline, intermediate - KAlSi3O8 - Y: 50.00 % - d x by: 1.000 - WL: 1.54056

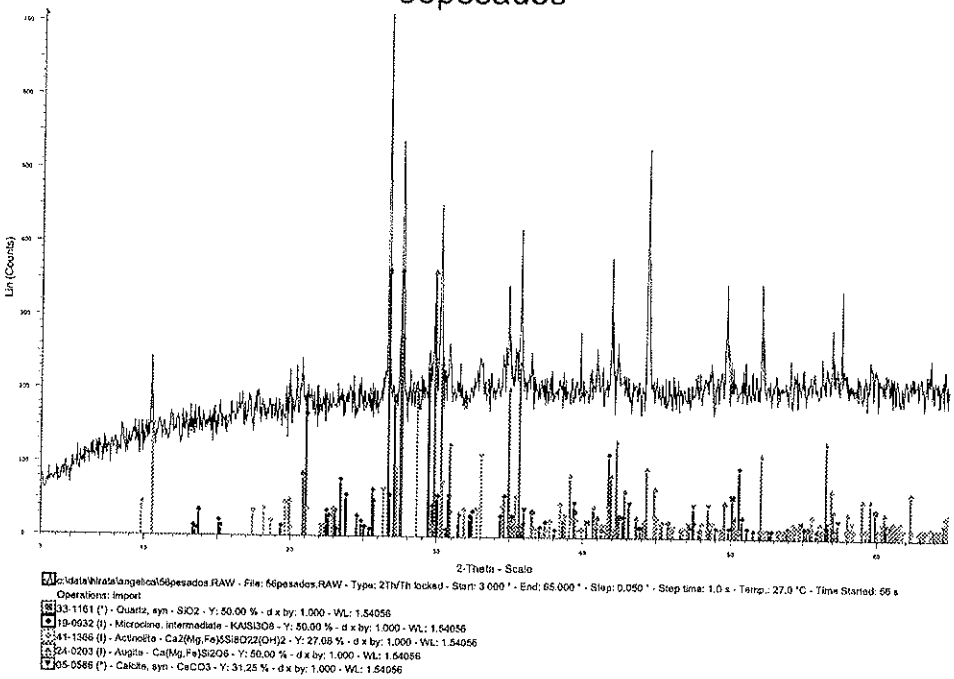
44magneticos



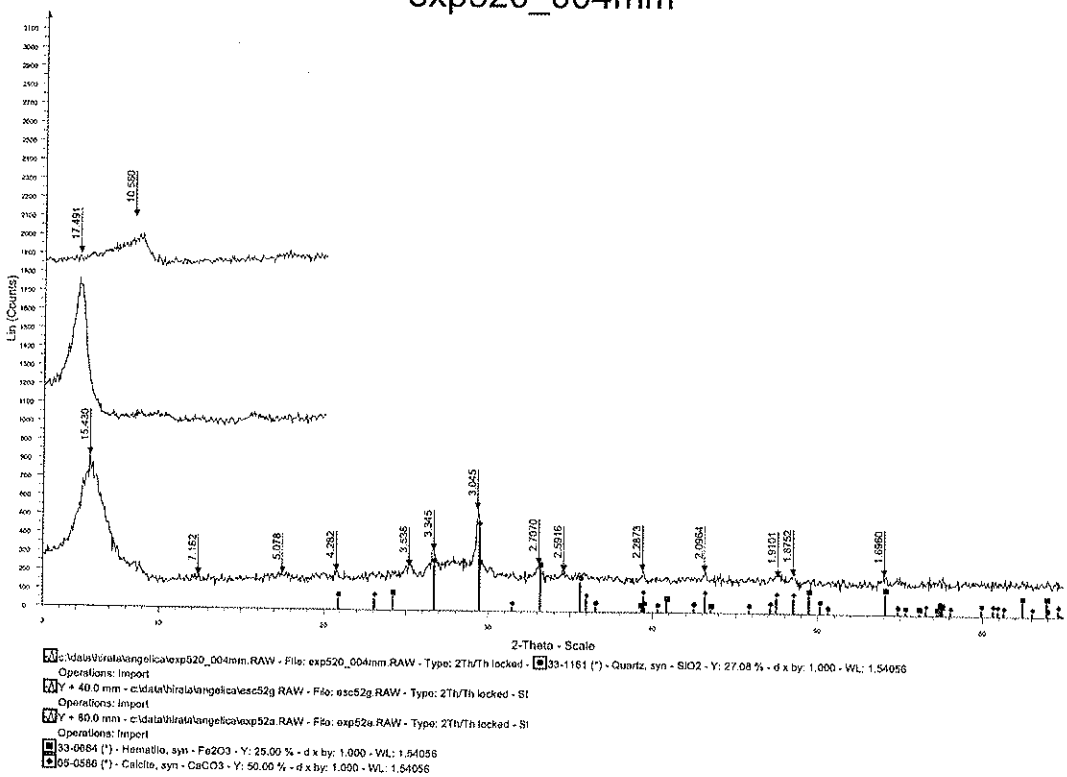
56magneticos



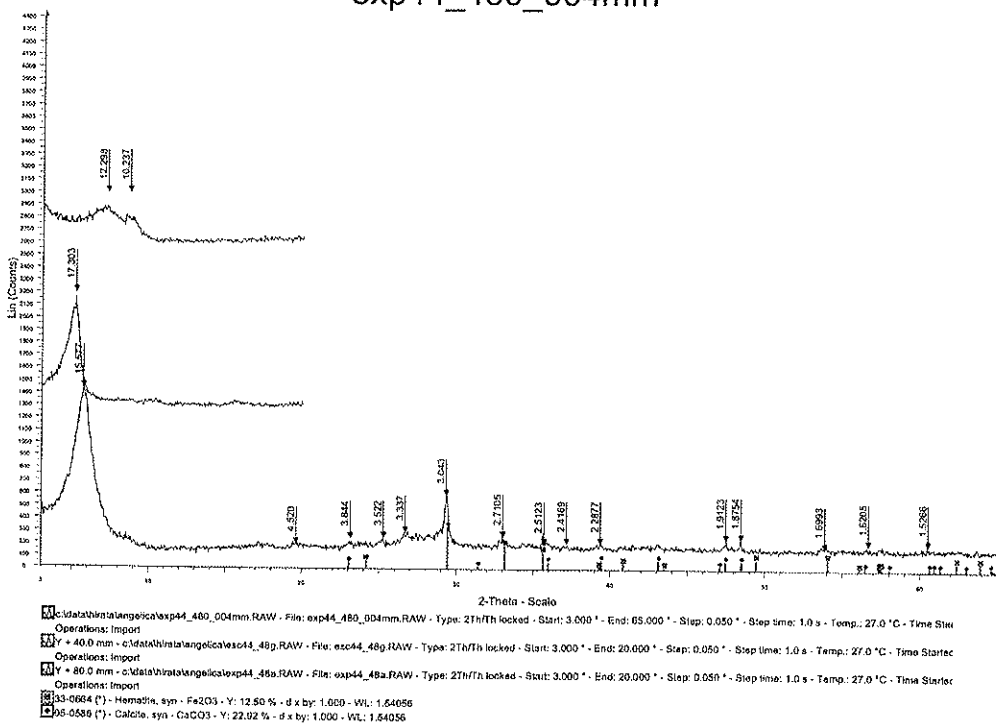
56pesados



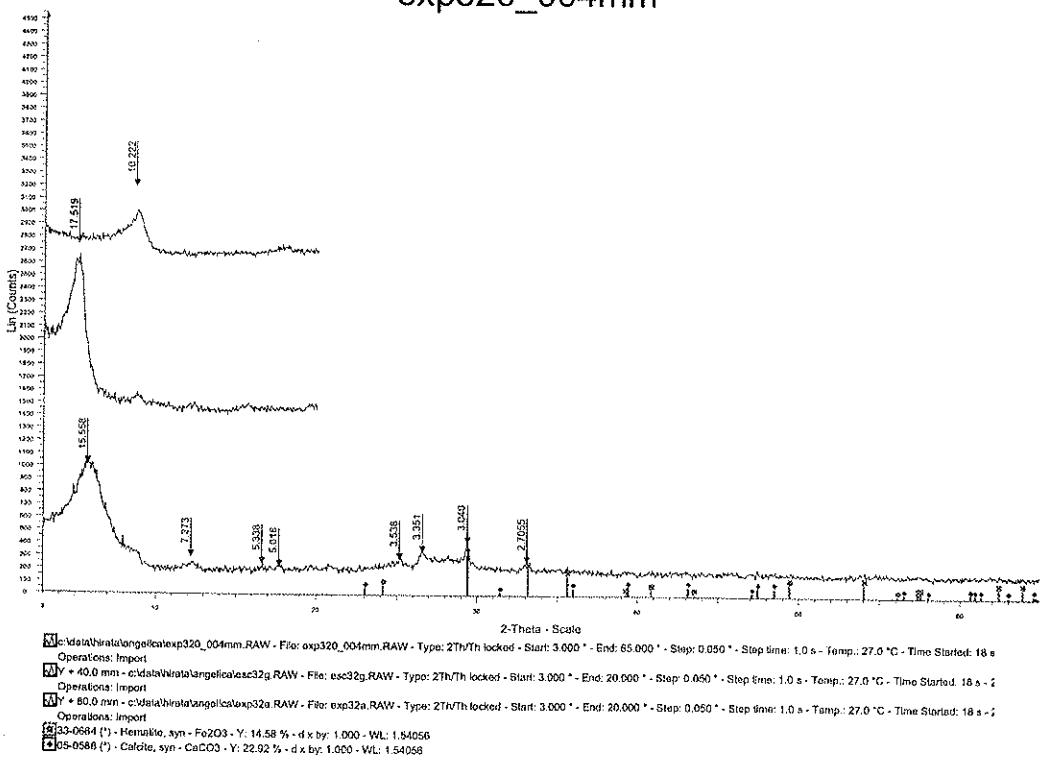
exp520_004mm



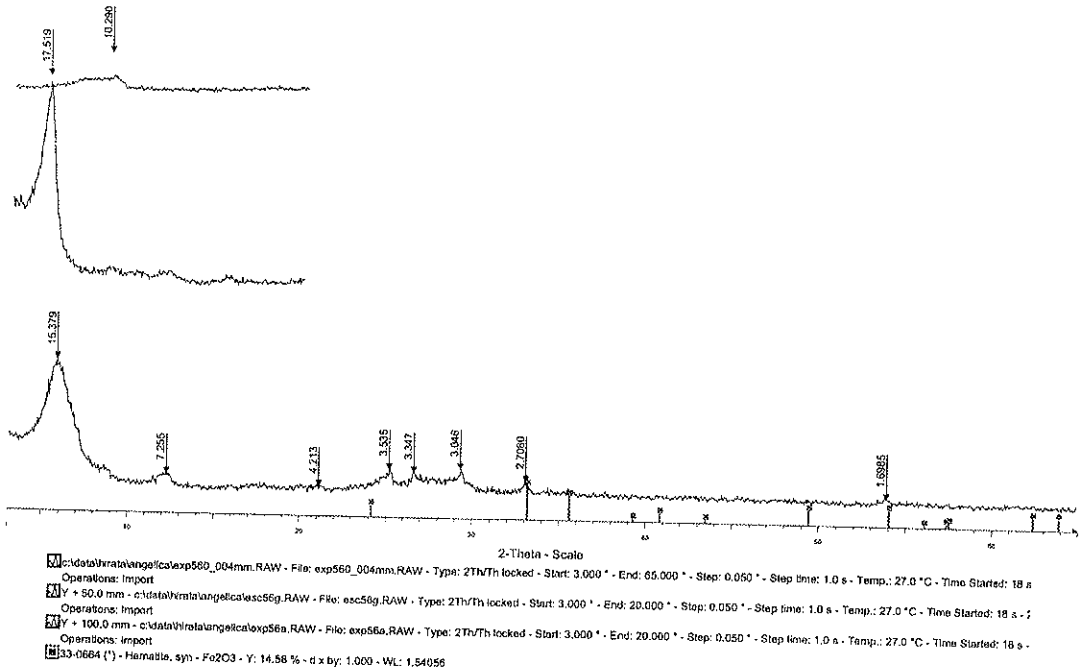
exp44_480_004mm



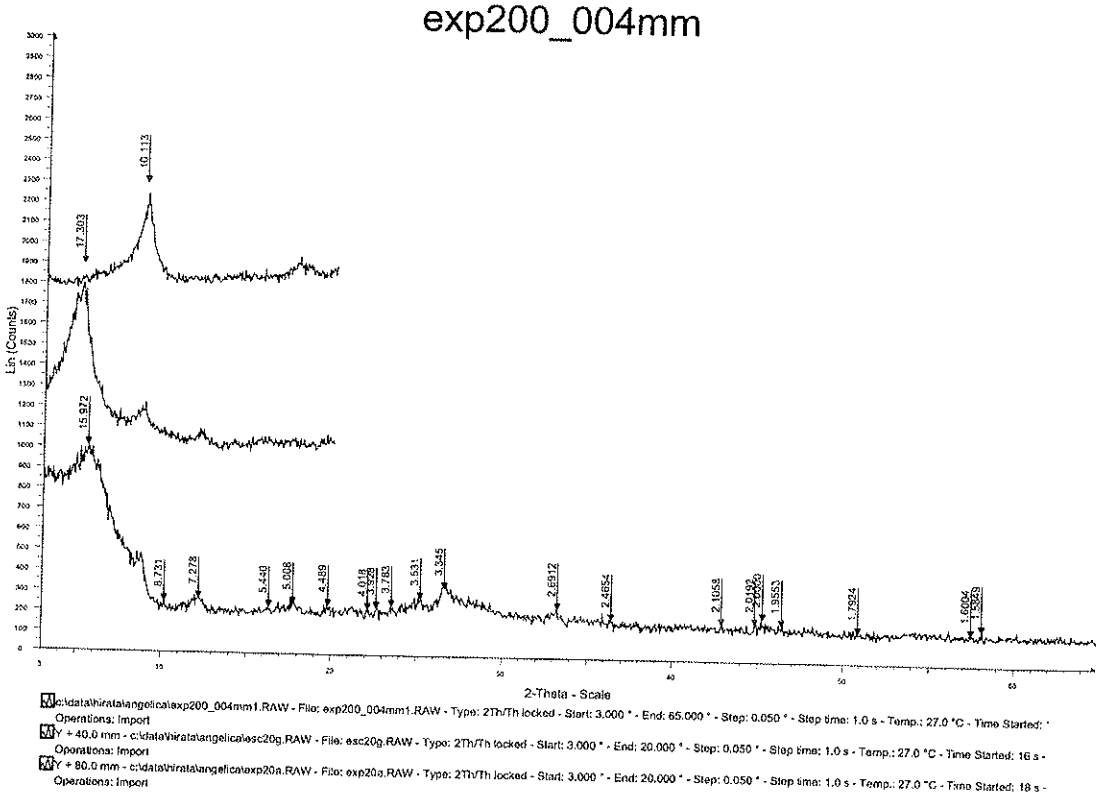
exp320_004mm



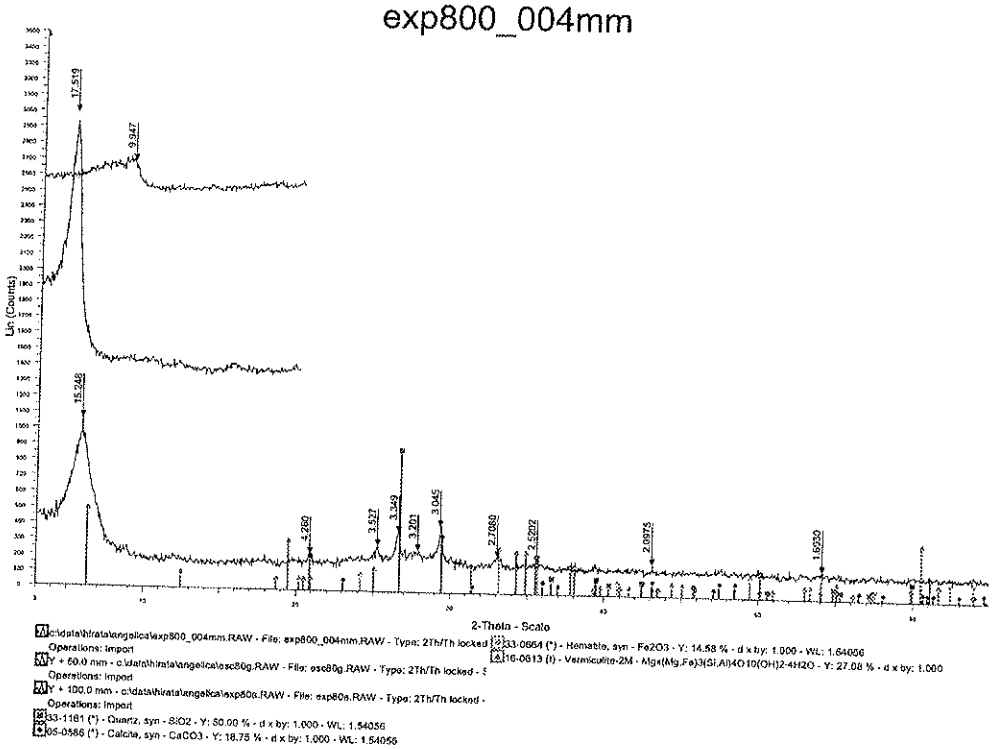
exp560_004mm



exp200_004mm



exp800_004mm



Anexo 3

Resultados Analíticos
da Água Subterrânea

Poço	Coleta	Na+	K+	Ca2+	Mg2+	Fe total	Mn2+	Al3+	Ba2+	Sr2+	Ni2+	Cu2+	Zn2+	Cr total	F-	Cl-	NO2-	Br-	NO3-	PO43-	SO42-	HCO3-	Erro Analitico
PC-02	17/06/1998	13,00	16,00	17,80	6,80	al	al	al	0,31	14,00	al	al	0,02	al	0,01	9,83	0,03	0,12	63,07	0,01	0,36	na	35,59
	26/11/1998	5,00	6,50	14,65	7,35	al	al	0,19	0,38	0,10	al	al	0,04	al	0,04	10,94	0,03	0,01	66,29	0,02	0,30	30,50	-3,78
	11/03/1999	5,50	6,40	19,35	7,75	0,06	0,01	0,14	0,34	0,18	al	al	al	0,01	0,05	11,16	0,05	0,01	69,41	0,04	0,49	36,60	-0,35
	21/06/1999	7,20	6,70	21,10	7,10	al	0,01	al	0,05	0,18	0,02	al	0,02	0,02	0,08	15,28	al	0,01	85,31	0,14	0,67	30,50	-4,50
	14/04/2000	4,90	7,00	19,50	9,75	al	al	al	0,48	0,19	al	al	al	al	0,07	17,79	al	al	90,81	0,04	0,29	19,65	-2,69
	10/10/2000	9,60	7,00	20,95	9,75	al	0,03	a	0,49	0,18	al	al	al	0,01	0,04	12,38	al	al	60,70	0,13	0,21	17,66	20,29
PC-04	17/06/1998	38,00	16,50	28,70	7,65	al	al	al	0,44	0,24	al	al	0,01	al	0,02	21,30	0,03	0,01	116,41	0,01	0,55	na	24,95
	26/11/1998	20,50	6,50	23,00	7,45	0,02	al	0,10	0,40	0,16	al	al	0,01	al	0,05	22,23	0,11	0,10	113,24	0,02	0,61	45,75	-6,30
	11/03/1999	19,50	6,40	31,20	8,10	0,04	0,01	0,09	0,34	0,38	al	al	al	0,01	0,07	20,67	0,03	0,01	99,65	0,04	0,58	51,85	3,23
	21/06/1999	19,00	7,30	41,80	7,70	0,01	al	al	0,41	0,33	0,01	al	al	0,02	0,09	27,07	al	al	126,12	0,13	0,81	57,95	-0,34
	14/04/2000	17,50	5,90	33,30	7,70	0,10	0,02	al	0,23	0,25	al	al	0,01	al	0,05	26,45	al	al	80,26	0,05	0,57	52,41	5,01
	10/10/2000	18,00	6,10	16,85	4,80	al	al	a	0,19	0,15	al	al	al	al	0,04	12,38	al	al	75,56	0,03	1,02	35,33	-7,75
PC-06	17/06/1998	7,40	14,00	22,90	3,55	al	al	al	0,19	0,11	al	al	0,04	al	0,15	6,43	0,02	0,09	38,26	0,06	0,59	na	44,14
	26/11/1998	3,90	5,50	9,30	2,35	al	al	al	0,11	0,04	al	0,02	0,02	al	0,01	3,72	0,01	0,01	34,07	0,02	0,14	39,65	-14,78
	10/03/1999	5,00	7,90	25,05	4,45	al	0,01	0,06	0,18	0,19	al	al	0,02	0,01	0,03	8,82	0,01	0,01	55,81	0,04	0,47	51,85	0,97
	21/06/1999	4,20	6,90	18,10	2,80	al	0,01	al	0,19	0,13	0,01	0,10	0,27	0,02	0,12	7,74	al	0,00	51,64	0,08	0,51	45,75	-9,27
	14/04/2000	4,70	7,40	20,85	4,85	al	al	al	0,19	0,14	al	0,02	0,03	al	0,01	8,34	al	al	69,40	0,03	0,19	32,76	-1,51
	10/10/2000	4,50	7,00	17,05	3,75	al	al	a	0,19	0,11	al	0,02	0,01	al	0,01	5,23	al	al	62,54	0,02	0,14	26,26	-1,61
PC-07	18/06/1998	14,50	27,00	3,80	2,60	al	al	al	0,18	al	al	al	al	al	0,02	2,52	0,02	0,08	48,21	0,01	0,10	na	33,88
	27/11/1998	3,90	5,50	9,30	2,35	al	al	al	0,11	0,04	al	0,02	0,02	al	0,01	3,72	0,01	0,01	37,07	0,02	0,14	9,15	6,27
	10/03/1999	5,00	7,90	25,05	4,45	al	0,01	0,06	0,18	0,19	al	al	0,02	0,01	0,03	8,82	0,01	0,01	55,81	0,04	0,47	12,20	20,19
	22/06/1999	4,20	6,90	18,10	2,80	al	0,01	al	0,19	0,13	0,01	0,10	0,27	0,02	0,12	7,74	al	0,00	51,64	0,08	0,51	3,05	14,85
	14/04/2000	3,60	6,60	5,85	4,90	al	0,02	al	0,25	0,09	0,01	al	al	0,02	0,01	2,30	al	al	51,03	0,06	0,06	3,79	3,76
	10/10/2000	2,10	3,80	6,55	4,30	al	0,02	a	0,30	0,06	al	al	al	0,01	0,03	3,33	al	al	54,70	0,02	0,08	3,84	-8,65
PC-08	18/06/1998	25,00	14,50	10,00	7,05	al	0,09	al	0,24	al	al	al	0,01	al	0,25	17,08	0,06	0,02	68,56	0,02	3,71	na	20,46
	24/11/1998	18,50	7,30	7,40	6,90	0,04	0,09	0,35	0,18	0,04	al	0,01	0,01	al	0,04	14,13	0,04	0,02	55,72	0,02	1,34	30,50	3,89
	10/03/1999	20,00	10,00	11,55	7,95	0,01	0,09	0,09	0,30	0,10	al	al	al	0,01	0,05	14,51	0,07	0,02	65,11	0,05	2,46	36,60	5,81
	21/06/1999	18,50	9,40	10,80	6,00	al	0,08	al	0,19	0,20	0,02	0,01	al	0,01	0,04	16,93	al	0,02	68,78	0,20	3,58	39,65	-5,24
	14/04/2000	22,00	10,20	12,20	9,55	0,02	0,11	al	0,16	0,09	al	al	al	al	0,07	20,75	al	al	90,25	0,03	4,97	29,48	-0,20
	10/10/2000	20,00	7,40	9,45	8,25	al	0,11	a	0,21	0,08	al	al	al	al	0,05	22,38	al	al	73,83	0,05	2,48	20,18	0,22
PC-09	18/06/1998	24,00	2,20	14,10	4,45	al	0,04	al	0,21	0,08	al	al	0,01	al	0,13	27,46	0,07	0,01	59,05	0,01	0,64	na	10,89
	24/11/1998	29,00	2,20	17,40	6,35	0,02	0,06	al	0,33	0,13	al	0,04	0,00	al	0,23	35,66	0,07	0,12	84,27	0,02	1,00	12,20	2,24
	10/03/1999	29,00	2,40	34,70	8,10	al	0,05	0,13	0,46	0,28	0,01	al	al	0,01	0,08	38,10	0,05	0,01	95,44	0,02	0,64	24,40	10,58
	21/06/1999	22,50	2,40	24,10	5,80	al	0,05	al	0,31	0,09	0,02	al	al	0,01	0,04	40,65	al	0,00	97,62	0,44	0,97	21,35	-6,49
	10/10/2000	31,00	2,30	6,10	2,10	al	al	a	0,08	0,06	al	al	al	0,01	0,08	32,09	al	al	108,91	0,02	0,71	9,93	-20,21
PC-10	19/06/1998	15,50	5,00	9,25	1,35	0,08	0,03	al	al	0,09	al	al	0,01	al	0,15	6,02	0,03	0,01	35,31	0,01	0,89	na	28,64
	25/11/1998	15,00	4,40	17,40	6,35	0,02	0,06	al	0,33	0,13	al	0,01	0,01	al	0,07	4,71	0,01	0,01	27,92	0,05	0,40	33,55	30,79
	10/03/1999	14,20	4,20	5,25	1,60	0,16	0,02	0,09	0,10	0,09	al	al	al	0,01	0,06	6,25	0,03	0,03	37,35	0,06	0,26	21,35	0,09
	21/06/1999	13,60	4,70	7,80	1,00	0,01	0,06	al	0,05	0,34	0,01	al	0,10	0,01	0,03	6,58	al	0,01	37,22	0,07	0,46	21,35	2,09
	14/04/2000	12,80	4,00	2,65	1,05	al	0,01	al	0,04	0,03	al	al	al	al	0,02	6,50	al	al	35,03	0,01	0,13	6,55	1,15
	10/10/2000	12,00	4,10	3,65	1,00	al	al	a	0,05	0,05	al	al	al	al	0,02	5,70	al	al	31,08	0,03	0,15	7,05	6,60

Poço	Coleta	Na+	K+	Ca2+	Mg2+	Fe total	Mn2+	Al3+	Ba2+	Sr2+	Ni2+	Cu2+	Zn2+	Cr total	F-	Cl-	NO2-	Br-	NO3-	PO43-	SO42-	HCO3-	Erro Analítico
PC-11	17/06/1998	34,00	13,50	29,30	12,00	al	0,05	al	0,63	0,18	al	al	0,02	al	0,14	40,17	0,08	0,00	154,83	0,04	0,51	na	8,04
	26/11/1998	26,50	7,80	34,90	12,70	al	0,04	0,08	0,69	0,23	0,02	al	0,04	al	0,12	22,08	0,06	0,01	89,89	0,01	0,62	21,35	26,06
	10/03/1999	23,50	7,60	37,20	15,50	al	0,06	0,09	0,90	0,41	0,03	al	0,01	0,01	0,18	44,00	0,05	0,01	163,19	0,03	0,41	18,30	2,22
	21/06/1999	24,50	7,40	43,80	11,80	al	0,04	al	0,64	0,26	0,03	al	0,10	0,01	0,14	47,15	al	0,01	160,45	0,10	0,54	15,25	2,81
	14/04/2000	31,00	9,20	2,65	1,05	al	0,01	al	0,04	0,03	al	al	0,01	al	0,11	59,17	al	al	172,87	0,02	0,29	12,22	-44,26
PC-12	17/06/1998	5,10	7,20	16,45	7,00	al	0,05	al	0,31	0,11	al	al	0,02	al	0,05	11,33	0,02	0,02	54,78	0,01	0,51	na	19,64
	27/11/1998	4,10	4,20	20,85	9,15	0,02	0,03	al	0,35	0,20	al	al	0,04	al	0,07	20,41	0,05	0,03	78,83	0,04	2,24	15,25	-1,37
	10/03/1999	3,10	3,50	16,50	7,70	al	0,01	0,13	0,26	0,23	0,01	al	al	0,01	0,06	14,43	0,02	0,02	67,78	0,04	1,68	12,20	-1,00
	21/06/1999	3,60	4,00	43,80	11,80	al	0,04	al	0,64	0,26	0,03	al	0,10	0,01	0,06	24,95	al	0,01	78,64	0,19	2,09	9,15	22,48
	14/04/2000	3,50	3,90	19,40	9,05	al	0,02	al	0,25	0,24	al	al	al	al	0,04	13,78	al	al	80,10	0,01	2,59	28,81	-5,61
	10/10/2000	4,20	4,20	21,20	9,00	al	0,01	a	0,34	0,24	al	al	al	0,01	0,03	18,25	al	al	84,52	0,02	5,11	6,41	0,20
PC-14	18/06/1998	48,00	9,20	16,95	8,15	al	0,07	al	0,33	0,08	al	al	0,02	al	0,19	55,34	0,07	0,01	91,15	0,01	0,19	na	11,63
	24/11/1998	26,00	3,20	14,00	6,70	0,05	0,06	0,04	0,24	0,09	0,02	0,02	0,02	al	0,17	36,09	0,06	0,01	79,37	0,02	0,35	6,10	1,28
	10/03/1999	37,00	7,70	16,65	10,45	0,06	0,09	0,15	0,36	0,19	0,01	al	0,01	0,01	0,12	39,25	0,02	0,01	86,62	0,03	0,14	6,10	14,90
	21/06/1999	30,00	4,50	19,50	8,10	al	0,08	al	0,30	0,16	0,03	0,01	al	0,01	0,13	55,34	al	al	109,58	0,49	0,36	6,10	-5,92
	10/10/2000	27,50	4,40	63,65	7,05	0,04	0,05	a	0,24	0,31	al	al	al	al	0,08	36,17	al	al	86,26	0,02	0,07	al	35,50
PC-16	18/06/1998	63,00	15,00	8,80	6,38	0,05	0,25	al	0,38	0,05	al	al	0,03	al	0,18	33,44	0,03	0,01	113,66	0,02	0,59	na	18,93
	26/11/1998	29,00	6,90	6,90	4,90	0,02	0,20	0,08	0,26	0,04	al	0,01	0,04	al	0,11	21,58	0,07	0,01	58,89	0,01	0,54	9,15	12,23
	10/03/1999	33,00	7,70	8,60	6,55	al	0,20	0,08	0,25	0,09	al	al	0,02	0,01	0,12	26,45	0,01	0,01	78,80	0,02	0,67	9,15	9,05
	21/06/1999	27,50	6,90	8,80	4,90	0,01	0,21	al	0,26	0,06	0,01	al	0,02	0,01	0,10	26,69	al	al	87,21	0,09	0,24	9,15	-2,03
	14/04/2000	33,00	7,70	9,00	6,90	0,04	0,19	al	0,21	0,08	al	al	0,01	al	0,04	18,34	al	al	53,97	0,01	1,04	9,83	25,74
	10/10/2000	28,00	6,60	6,65	5,05	0,04	0,17	a	0,23	0,06	al	al	0,01	al	0,08	26,81	al	al	77,90	0,01	0,12	al	3,06
PC-17	18/06/1998	31,00	8,00	17,50	7,05	0,06	0,10	al	0,33	0,06	al	al	0,03	al	0,14	24,89	0,07	0,01	87,43	0,02	0,90	na	17,05
	25/11/1998	19,00	4,40	15,95	7,05	0,03	0,09	al	0,33	0,09	al	al	0,01	al	0,17	20,12	0,05	0,01	83,54	0,01	0,22	18,30	2,13
	10/03/1999	32,00	8,10	22,35	10,20	al	0,08	0,05	0,28	0,19	0,02	al	0,01	0,01	0,11	29,23	0,04	0,01	94,74	0,04	0,95	36,60	9,03
	21/06/1999	35,50	5,00	19,80	7,00	0,06	0,10	al	0,34	0,14	0,03	al	0,01	0,01	0,09	48,65	al	al	116,38	0,21	0,36	21,35	-5,33
PC-18	18/06/1998	80,00	20,00	12,85	6,85	al	0,52	al	0,83	0,10	al	al	0,03	al	0,16	28,31	0,03	0,01	134,86	0,02	0,27	na	27,27
	24/11/1998	37,00	7,30	9,50	6,20	0,02	0,59	0,20	0,85	0,10	0,01	0,02	0,10	al	0,19	22,79	0,05	0,01	72,74	0,02	0,30	6,10	19,04
	10/03/1999	29,00	6,00	11,25	6,20	0,02	0,25	0,06	0,30	0,18	al	al	0,01	0,01	0,09	19,97	0,04	0,01	60,34	0,03	0,22	27,45	11,43
	22/06/1999	24,50	5,60	8,90	4,00	0,04	0,36	al	0,56	0,10	0,02	0,01	0,01	0,01	0,07	23,57	al	0,01	81,35	0,19	0,23	15,25	-5,46
	14/04/2000	22,00	5,10	8,40	4,45	al	0,24	al	0,43	0,11	al	al	0,01	al	0,03	18,99	al	al	63,59	0,01	0,22	13,10	2,95
	10/10/2000	26,50	6,30	8,55	4,95	al	0,46	a	0,65	0,09	al	al	0,02	al	0,09	10,09	al	al	33,35	0,14	0,13	3,71	41,72
PC-22	18/06/1998	132,00	15,50	4,80	1,95	al	0,03	al	al	al	al	al	al	al	0,39	27,67	0,04	0,01	58,78	0,02	2,26	na	56,88
	25/11/1998	14,50	3,20	7,20	2,25	al	0,02	0,23	0,15	0,03	al	0,01	0,01	al	0,03	8,87	0,02	0,01	43,02	0,02	0,07	12,20	5,69
	10/03/1999	22,00	5,00	13,90	4,90	0,07	0,09	0,15	0,30	0,10	0,01	al	0,01	0,01	0,10	20,05	0,04	0,01	60,62	0,03	0,06	12,20	11,63
	21/06/1999	17,50	5,80	10,10	2,10	al	0,06	al	0,14	0,04	0,02	al	al	0,02	0,04	18,01	al	0,01	54,06	0,11	0,41	21,35	-4,54
	14/04/2000	42,00	7,80	8,40	4,45	al	0,24	al	0,43	0,11	al	al	0,01	al	0,12	57,33	al	al	150,25	0,02	0,10	6,55	-19,00
	10/10/2000	98,00	14,00	59,75	30,05	0,03	0,50	0,35	1,93	0,34	0,12	0,03	0,06	0,01	0,09	99,22	al	al	228,65	0,03	0,47	6,73	-9,33

al - Abaixo do limite do aparelho

na - não analisado

Unidade - mg/L

Poço	Coleta	Na+	K+	Ca2+	Mg2+	Fe total	Mn2+	Al3+	Ba2+	Sr2+	Ni2+	Zn2+	Cr total	F-	Cl-	NO2-	Br-	NO3-	PO43-	SO42-	HCO3-	Erro Analítico
PT-01	17/06/1998	7,00	7,80	17,15	8,70	al	al	al	0,49	0,14	al	0,01	al	0,14	11,98	al	0,14	59,67	0,04	0,17	na	22,70
	26/11/1998	7,30	6,20	18,75	7,45	al	al	0,11	0,45	0,06	al	0,01	0,01	0,14	10,09	0,03	0,01	46,19	0,01	0,56	42,70	7,81
	11/03/1999	6,50	6,40	16,75	8,05	al	al	0,90	0,39	0,16	al	0,02	0,01	0,33	12,98	0,07	0,02	61,32	0,05	0,14	36,60	1,90
	21/06/1999	6,50	6,20	17,50	7,60	0,07	al	0,14	0,43	0,15	al	al	0,02	0,04	12,83	al	al	67,06	0,21	0,14	39,65	-3,30
	14/04/2000	6,40	6,20	17,55	9,30	al	al	al	0,48	0,15	al	al	0,01	0,02	9,08	al	al	36,78	0,29	0,05	31,12	20,76
PT-02	17/06/1998	7,60	10,40	30,60	8,90	al	al	al	0,28	0,34	al	0,01	al	0,11	3,19	al	al	13,23	0,00	0,09	na	80,43
	26/11/1998	4,30	4,90	34,00	9,65	0,01	al	0,09	0,29	0,21	al	0,01	0,01	0,10	3,40	0,01	0,01	14,39	0,05	0,09	210,45	-14,56
	11/03/1999	4,00	4,60	29,40	9,90	al	al	0,06	0,26	0,36	al	0,01	0,01	0,08	4,28	0,01	0,01	18,44	0,04	0,06	134,20	-0,61
	21/06/1999	3,80	4,80	38,90	9,70	al	al	al	0,25	0,38	al	0,02	0,02	0,07	5,41	al	al	18,60	0,18	0,08	167,75	-2,74
	14/04/2000	3,90	4,70	39,70	21,70	al	al	al	0,25	0,38	al	0,01	0,02	0,11	4,99	al	al	19,23	0,15	0,10	137,58	19,91
	10/10/2000	2,00	2,50	31,00	11,55	al	al	a	0,25	0,34	al	al	0,02	0,11	4,86	al	0,01	18,44	0,20	0,09	157,37	-6,45
PT-05	17/06/1998	4,30	5,80	19,35	4,90	al	al	al	0,23	0,16	al	0,04	al	0,28	1,54	al	al	22,12	0,29	0,20	na	59,99
	26/11/1998	2,60	3,70	18,65	6,40	0,01	al	0,14	0,23	0,11	al	0,04	al	0,19	1,23	al	0,00	15,84	0,07	0,06	109,80	-10,95
	10/03/1999	2,60	3,60	19,65	7,20	al	al	0,05	0,23	0,21	al	0,05	0,01	0,03	1,79	al	0,01	35,07	0,21	0,01	79,30	-3,50
	21/06/1999	2,50	3,60	20,80	6,40	al	al	al	0,23	0,19	al	0,03	0,02	0,18	2,53	al	al	34,81	0,49	0,06	91,50	-9,75
	14/04/2000	2,40	3,50	21,15	8,10	al	al	al	0,09	0,21	al	al	0,02	0,28	2,06	al	al	32,59	0,62	0,06	83,53	-1,67
	10/10/2000	2,60	3,70	20,35	7,60	al	al	a	0,24	0,15	al	0,06	0,02	0,29	2,19	al	al	34,79	0,54	0,05	86,71	1,38
PT-08	18/06/1998	4,30	5,80	19,35	4,90	al	al	al	0,29	0,16	al	0,04	al	0,30	8,36	0,00	0,01	70,39	0,20	0,11	na	10,22
	27/11/1998	4,70	4,00	22,45	10,90	al	al	0,28	0,24	0,10	al	0,10	0,01	0,18	3,78	0,01	0,01	35,41	0,07	0,07	109,80	-2,60
	10/03/1999	4,50	4,10	25,10	11,50	0,05	0,01	0,40	0,20	0,20	al	0,08	0,01	0,27	7,46	0,04	0,01	60,10	0,08	0,15	85,40	-0,83
	22/06/1999	4,40	4,00	32,40	10,60	al	al	al	0,25	0,19	al	0,07	0,02	0,13	8,03	al	al	65,36	0,55	0,07	97,60	-1,96
	14/04/2000	4,70	4,30	37,20	13,15	0,04	0,01	al	0,31	0,20	al	0,09	0,02	0,39	9,49	al	al	67,66	0,32	0,09	85,17	7,94
PT-11	18/06/1998	2,50	2,60	22,00	7,50	al	al	al	0,30	0,19	al	0,08	al	0,17	5,58	0,00	0,01	57,59	0,04	0,31	na	26,57
	24/11/1998	5,30	4,70	18,55	6,15	0,33	al	0,34	0,31	0,12	al	0,23	al	0,10	7,88	0,01	0,01	64,94	0,02	0,31	73,20	-14,53
	10/03/1999	5,30	4,90	19,10	6,60	al	al	0,05	0,25	0,20	al	0,07	0,01	0,12	7,04	0,02	0,13	60,25	0,03	0,33	45,75	-1,78
	21/06/1999	6,10	4,80	19,50	5,60	al	al	al	0,29	0,21	0,02	0,11	0,01	0,05	8,31	al	al	61,41	0,26	0,51	57,95	-8,96
	14/04/2000	5,30	4,60	20,50	7,70	al	al	al	0,33	0,20	0,02	al	0,02	0,07	7,31	al	al	59,51	0,11	0,76	44,22	2,58
	10/10/2000	5,30	4,80	19,90	7,10	al	al	a	0,28	0,16	al	al	0,02	0,07	7,44	al	al	59,80	0,18	0,80	48,17	-1,28
PT-12	18/06/1998	15,00	11,20	15,30	4,55	al	al	al	0,18	0,06	al	al	0,02	0,19	1,10	al	0,01	2,24	0,15	0,06	na	92,31
	24/11/1998	5,90	3,60	13,45	5,20	al	al	0,19	0,18	0,05	al	0,03	0,02	0,19	0,94	al	0,01	1,78	0,01	0,15	115,90	-14,33
	10/03/1999	3,80	2,60	10,00	3,25	al	al	0,08	0,10	0,05	al	al	0,02	0,18	0,39	0,01	0,01	1,46	0,06	0,05	67,10	-6,31
	21/06/1999	4,50	3,90	14,07	4,40	al	al	al	0,16	0,08	al	al	0,04	0,08	1,73	al	al	2,87	0,14	0,04	109,80	-16,45
	14/04/2000	4,70	3,10	14,60	6,00	al	al	al	0,14	0,06	al	al	0,02	0,13	1,02	al	0,01	3,09	0,03	0,05	72,07	8,71
	10/10/2000	4,90	3,40	13,75	5,45	al	al	a	0,11	0,06	al	al	0,03	0,17	1,19	al	al	4,08	0,04	0,04	93,14	-6,44

Poço	Coleta	Na+	K+	Ca2+	Mg2+	Fe total	Mn2+	Al3+	Ba2+	Sr2+	Ni2+	Zn2+	Cr total	F-	Cl-	NO2-	Br-	NO3-	PO43-	SO42-	HCO3-	Erro Analítico
PT-13	19/06/1998	3,60	5,10	44,38	11,60	al	al	al	0,26	0,34	al	al	al	0,05	5,39	0,02	0,00	21,53	0,07	0,17	na	74,44
	25/11/1998	3,10	3,60	38,80	10,25	al	al	0,08	0,25	0,19	al	al	0,01	0,01	6,52	0,02	0,01	24,86	0,01	0,15	183,00	-8,53
	10/03/1999	2,40	3,20	37,30	11,70	al	al	al	0,21	0,36	al	al	0,02	0,22	4,30	0,01	0,02	17,31	0,01	0,07	183,00	-6,07
	21/06/1999	2,30	3,30	49,30	10,70	0,01	al	al	0,24	0,36	al	al	0,03	0,05	6,90	al	al	69,40	0,39	1,70	198,25	-13,18
	14/04/2000	2,40	3,30	64,80	12,55	0,01	al	al	0,25	0,36	al	al	0,02	0,02	6,11	al	al	24,74	0,05	0,07	170,34	14,06
	10/10/2000	2,50	3,60	39,30	13,40	al	al	a	0,26	0,33	al	al	0,03	0,01	5,90	al	al	27,14	0,24	0,07	193,60	-4,88
PT-14	17/06/1998	28,00	5,80	11,85	4,90	0,21	0,03	al	0,25	0,11	al	al	al	0,04	17,32	0,03	0,01	55,58	0,02	0,88	183,06	25,69
	26/11/1998	13,20	2,70	14,40	6,10	0,07	0,04	0,09	0,26	0,09	0,01	al	al	0,06	23,29	0,08	0,02	69,31	0,02	1,28	15,25	-4,37
	10/03/1999	13,40	2,90	17,55	7,30	0,06	0,04	al	0,19	0,18	al	al	0,01	0,11	20,94	0,09	0,01	69,04	0,03	2,17	15,25	3,32
	21/06/1999	30,00	4,50	17,70	6,20	0,07	0,04	al	0,25	0,15	0,02	al	0,01	0,06	23,74	al	al	69,04	0,39	1,70	12,20	16,31
	14/04/2000	12,20	2,90	17,75	8,40	0,06	0,04	al	0,26	0,15	al	al	al	0,05	24,80	al	al	71,55	0,01	2,05	9,83	3,14
	10/10/2000	11,20	2,90	16,45	6,90	al	0,03	a	0,24	0,14	al	al	0,01	0,04	24,37	al	al	70,13	0,42	1,27	25,62	-7,59
PT-15	17/06/1998	10,20	5,90	4,70	3,05	al	al	al	al	al	al	0,02	al	0,15	6,58	0,02	0,07	29,15	0,27	0,15	na	23,00
	27/11/1998	6,90	4,00	9,05	5,30	0,04	al	0,05	0,14	al	al	0,02	0,01	0,04	4,83	0,01	0,00	20,20	0,02	0,08	42,70	5,46
	10/03/1999	6,50	3,70	7,05	4,35	al	al	0,09	0,04	al	al	al	0,02	0,09	6,12	0,03	0,02	28,87	0,05	0,11	21,35	4,83
	21/06/1999	6,10	3,60	7,10	3,50	al	al	al	0,06	0,03	al	al	0,02	0,02	9,18	al	al	37,29	0,85	0,13	15,25	-6,47
	14/04/2000	5,80	3,20	6,45	4,35	al	al	al	0,06	0,03	al	al	al	0,03	5,53	al	0,01	27,96	0,23	0,04	19,65	3,92
	10/10/2000	5,80	3,40	5,85	3,80	al	al	a	0,09	0,03	al	al	0,02	0,08	4,30	al	al	22,95	0,43	0,07	22,48	3,72
PT-16	18/06/1998	7,80	5,40	21,90	2,65	al	al	al	0,21	0,10	al	al	al	0,17	0,65	0,01	0,00	2,12	0,01	0,09	na	93,14
	24/11/1998	3,90	2,90	23,00	5,40	0,01	al	al	0,21	0,08	al	al	0,02	0,21	1,19	al	0,01	1,73	0,01	0,25	155,55	-17,56
	10/03/1999	3,90	2,90	21,50	5,90	al	al	0,05	0,14	0,15	al	al	0,03	0,12	0,36	0,01	0,02	2,56	0,09	0,07	128,10	-8,73
	21/06/1999	4,10	2,90	19,70	4,90	0,01	al	al	0,16	0,13	al	al	0,04	0,01	1,70	al	al	5,30	0,17	0,10	131,15	-16,35
	14/04/2000	3,90	2,90	22,70	7,05	al	al	al	0,15	0,15	al	al	al	0,07	0,51	al	0,01	2,84	0,03	0,06	111,37	1,84
	10/10/2000	4,20	3,30	23,20	6,35	al	al	a	0,20	0,14	0,01	0,01	0,03	0,16	0,77	al	al	2,68	0,02	0,13	128,47	-5,48

al - Abaixo do limite do aparelho

na - não analisado

Unidade - mg/L

Poço	Coleta	Na+	K+	Ca2+	Mg2+	Fe total	Mn2+	Al3+	Ba2+	Sr2+	Cu2+	Zn2+	Cr total	F-	Cl-	NO2-	Br-	NO3-	PO43-	SO42-	HCO3-	CO3	Erro Analítico
PP-01	19/06/1998	2,10	3,30	11,30	2,10	0,11	0,02	al	al	al	al	3,90	al	0,17	1,50	0,04	0,02	10,58	0,02	0,19	67,10	al	-12,21
metros	23/11/1998	3,10	16,00	7,90	3,55	0,01	0,01	0,06	0,14	0,04	al	2,24	al	0,25	7,23	0,03	0,01	13,48	0,02	0,15	47,21	al	3,83
46,80	09/03/1999	3,00	3,50	9,45	3,60	0,06	0,01	0,03	0,11	0,13	al	0,95	0,01	0,19	1,69	0,01	0,15	16,51	0,05	0,08	45,75	al	-2,38
106,5	09/03/1999	3,00	3,50	9,60	3,50	0,06	al	0,05	0,23	0,13	al	0,04	0,01	0,18	1,57	al	0,01	17,13	0,10	0,07	45,75	al	-3,86
46,8	23/06/1999	2,80	3,80	9,60	3,10	0,03	0,02	al	0,11	0,06	al	0,40	0,02	0,13	2,45	al	al	18,31	1,02	0,56	39,65	al	-4,57
106,5	23/06/1999	2,70	3,60	9,60	3,10	0,05	0,01	al	0,11	0,06	al	0,02	0,02	0,11	2,03	al	al	18,49	1,21	0,43	42,70	al	-7,61
	10/10/2000	3,30	4,00	9,45	3,95	al	al	a	0,13	0,10	al	4,85	0,01	0,30	2,07	al	al	20,66	0,02	0,06	51,39	al	-2,32
PP-02	19/06/1998	37,00	2,30	30,70	4,35	al	al	al	al	0,31	al	0,03	0,08	0,21	1,24	0,02	0,01	2,86	0,02	0,18	118,95	6,00	27,14
	24/11/1998	22,00	1,80	9,10	2,65	0,01	al	0,05	0,06	0,18	al	0,08	0,06	0,25	2,45	al	0,00	6,94	0,03	0,19	112,85	al	-9,53
horas	09/03/1999	5,50	4,50	40,10	10,20	0,01	al	0,04	0,38	0,71	al	0,47	0,01	0,24	7,11	0,04	0,01	30,43	0,04	0,16	125,05	al	7,96
18:00	13/05/1999	5,10	4,60	29,10	10,20	0,01	0,01	al	0,39	0,58	al	1,02	0,02	0,24	7,00	al	0,02	30,47	0,30	0,29	152,50	al	-9,04
18:15	13/05/1999	5,00	4,40	35,10	10,60	0,03	al	al	0,36	0,55	al	0,64	0,02	0,17	7,45	al	al	34,02	0,12	0,13	134,20	al	0,34
19:00	13/05/1999	6,00	4,40	35,70	10,80	al	al	al	0,35	0,60	al	0,56	0,02	0,20	7,01	al	0,02	31,71	0,12	0,11	152,50	al	-2,29
24;00	13/05/1999	7,90	4,20	37,10	10,50	al	al	al	0,33	0,69	al	0,39	0,03	0,17	7,10	al	al	31,99	0,11	0,08	179,95	al	-6,96
06:00	14/05/1999	11,40	3,40	31,20	8,20	al	al	al	0,38	0,63	al	0,24	0,04	0,16	6,95	al	al	28,09	0,05	0,37	131,15	al	0,49
12:00	14/05/1999	13,80	2,80	21,50	5,90	al	al	al	0,15	0,58	al	0,16	0,06	0,13	4,39	al	0,01	19,37	0,04	0,08	143,35	al	-10,72
18:00	14/05/1999	15,40	2,30	17,50	4,20	al	al	al	0,10	0,54	al	0,10	0,09	0,13	3,17	al	0,01	14,12	0,05	0,08	112,85	al	-5,00
	23/06/1999	4,40	4,80	29,60	9,80	0,32	al	al	0,04	0,51	0,01	0,82	0,03	0,16	9,49	al	al	38,01	1,49	0,91	118,95	al	-4,51
	14/04/2000	5,70	4,50	40,60	11,20	0,02	al	al	0,33	0,53	al	0,39	0,01	0,17	6,51	al	0,01	29,01	0,01	0,07	134,30	al	7,70
PP-03	19/06/1998	29,00	25,00	30,70	4,35	al	al	al	0,26	0,53	al	al	0,02	0,11	3,19	0,03	0,01	23,50	0,02	0,27	201,30	al	0,36
	24/11/1998	4,70	3,90	40,20	9,50	al	al	0,19	0,29	0,54	al	0,08	0,06	0,15	3,80	al	0,01	26,70	0,02	0,27	179,95	al	-5,51
	09/03/1999	4,30	3,90	30,20	8,90	al	al	0,08	0,40	0,63	al	0,01	0,02	0,20	4,39	al	0,01	25,88	0,13	0,12	128,10	al	-1,94
	23/06/1999	4,40	4,60	22,80	8,60	0,10	0,01	al	0,26	0,30	al	0,06	0,02	0,27	9,61	al	al	51,47	1,02	0,62	88,45	al	-9,12
	14/04/2000	4,40	4,30	49,40	9,60	0,01	al	al	0,30	0,29	al	0,04	al	0,28	6,52	al	0,01	41,53	0,16	0,08	78,62	al	24,52
	10/10/2000	4,70	4,40	27,60	9,80	al	al	a	0,28	0,55	al	0,02	0,02	0,20	5,41	al	al	33,20	0,04	0,11	102,77	al	2,70
PP-04	19/06/1998	35,00	1,30	8,45	1,85	al	al	al	al	0,16	al	al	0,09	0,22	0,97	0,01	0,01	0,31	0,01	0,13	146,40	9,00	-6,73
horas	24/11/1998	28,00	0,07	6,75	1,85	al	al	0,41	0,03	0,10	al	al	0,07	0,15	0,93	al	0,00	0,41	0,02	0,16	109,80	9,00	-2,30
09:10	09/03/1999	12,40	2,80	40,50	10,30	0,01	al	0,06	0,18	0,61	al	0,02	0,03	0,11	2,44	0,02	0,02	6,77	0,04	0,17	213,50	al	-2,54
15:00	09/03/1999	27,00	0,70	8,05	2,10	0,02	al	0,03	0,09	0,20	al	al	0,08	0,16	0,74	al	0,60	0,42	0,01	0,12	70,15	18,00	19,66
18:10	13/05/1999	3,50	3,30	37,90	14,60	0,02	al	al	0,13	0,58	al	0,05	0,04	0,01	1,61	al	0,01	5,22	0,01	0,12	192,15	al	1,01
18:25	13/05/1999	4,80	3,10	40,90	13,60	0,04	al	al	0,14	0,64	al	0,02	0,04	al	1,99	al	0,01	6,61	0,03	0,18	176,90	al	6,17
19:10	13/05/1999	7,70	2,40	38,80	11,50	al	al	al	0,08	0,69	al	0,02	0,04	al	2,11	al	0,20	7,15	0,04	0,14	210,45	al	-4,79
24;10	14/05/1999	23,00	0,90	7,40	2,60	al	al	al	al	0,23	al	al	0,11	0,08	0,82	al	0,00	0,55	0,01	0,10	88,45	12,00	4,18
06:10	14/05/1999	25,00	0,80	7,40	2,10	al	al	al	al	0,21	al	al	0,11	0,11	0,76	al	0,00	0,41	0,04	0,11	88,45	9,00	5,53
12:10	14/05/1999	26,00	0,80	7,60	1,90	al	al	al	al	0,19	al	al	0,11	0,15	0,86	al	0,01	0,33	0,04	0,11	100,65	9,00	0,21
18:10	14/05/1999	26,00	0,70	7,60	1,80	al	al	al	al	0,19	al	al	0,12	0,11	0,79	al	0,00	0,34	0,04	0,07	82,35	12,00	9,81
	23/06/1999	2,50	3,70	46,70	14,20	0,01	al	al	0,14	0,59	al	0,03	0,04	0,01	2,59	al	al	7,18	0,38	0,11	210,45	al	0,94
	14/04/2000	3,50	3,50	49,40	15,65	al	al	al	0,10	0,60	al	0,03	0,02	0,01	1,81	al	0,01	5,89	0,02	0,04	196,54	al	8,71
	10/10/2000	23,00	1,90	15,25	5,40	al	al	a	0,06	0,29	al	al	0,05	0,06	1,31	al	0,01	2,51	0,03	0,05	138,10	al	-1,76

Poço	Coleta	Na+	K+	Ca2+	Mg2+	Fe total	Mn2+	Al3+	Ba2+	Sr2+	Cu2+	Zn2+	Cr total	F-	Cl-	NO2-	Br-	NO3-	PO43-	SO42-	HCO3-	CO3	Erro Analítico
PP-05	19/06/1998	0,00	0,80	0,00	0,35	0,21	al	al	al	0,06	al	0,03	al	0,23	0,87	0,01	0,01	0,15	0,03	0,14	112,85	12,00	-93,57
horas	10/03/1999	40,00	0,20	2,80	0,20	0,01	al	0,09	al	0,09	al	al	0,01	0,27	1,60	al	0,01	0,12	0,10	0,19	73,20	18,00	20,30
17:25	23/06/1999	33,50	0,30	3,40	0,20	0,32	al	al	0,01	0,10	al	al	0,02	0,15	1,72	al	al	0,02	0,20	0,10	70,15	15,00	15,83
17:45	23/06/1999	30,50	0,20	3,80	0,25	0,41	al	al	0,01	0,13	al	al	0,02	0,11	1,57	al	al	0,04	0,08	0,08	54,90	21,00	24,33
18:15	23/06/1999	31,50	0,40	4,60	0,40	0,11	al	al	al	0,11	al	al	0,07	0,12	1,74	al	al	0,20	0,08	0,13	73,20	21,00	13,42
19:15	23/06/1999	32,00	0,30	4,30	0,35	0,15	al	al	0,01	0,13	al	al	0,08	0,12	1,58	al	al	0,08	0,08	0,10	70,15	15,00	15,79
	14/04/2000	33,50	0,40	4,70	0,55	0,14	al	al	0,03	0,16	al	al	al	0,17	1,37	0,01	0,01	0,01	0,03	0,04	104,82	2,10	-0,25
	10/10/2000	32,50	0,50	3,85	0,50	0,42	al	a	0,08	0,11	al	al	0,01	0,19	1,69	al	0,01	0,05	0,02	0,05	105,98	al	-3,52
PP-06	19/06/1998	20,50	4,00	14,15	0,30	0,18	al	al	al	0,06	al	al	al	0,18	3,29	0,02	0,01	0,16	0,02	0,60	76,25	9,00	11,85
metros	23/11/1998	17,50	3,40	10,45	0,65	0,01	al	0,35	al	0,03	al	al	al	0,34	6,77	0,02	0,01	0,38	0,04	0,95	85,40	al	-5,58
39,10	09/03/1999	13,60	3,10	14,00	0,85	0,14	0,01	0,08	al	0,10	al	al	0,10	0,15	6,99	0,02	0,01	0,48	0,02	0,76	73,20	al	1,20
101,05	09/03/1999	3,20	4,10	15,05	4,15	0,73	0,01	0,09	0,15	0,14	al	al	0,10	0,60	4,15	0,01	0,01	34,48	0,10	0,14	39,65	al	1,32
A-62	12/05/1999	3,00	3,90	14,60	4,10	0,07	al	al	0,13	0,14	al	0,02	0,02	0,01	3,79	al	0,01	33,96	0,04	0,21	36,60	al	1,80
A-78	12/05/1999	3,00	3,90	14,80	4,20	0,04	al	al	0,11	0,14	al	0,01	0,02	0,01	3,48	al	al	31,88	0,07	0,10	42,70	al	0,23
A-94	12/05/1999	3,00	3,90	14,60	4,10	0,04	al	al	0,14	0,14	al	0,01	0,02	0,01	3,92	al	0,01	36,44	0,06	0,14	42,70	al	-3,64
A-110	12/05/1999	3,00	3,90	14,60	4,20	0,01	0,02	al	0,18	0,14	al	0,06	0,02	0,01	3,98	al	0,01	37,36	0,06	0,12	48,80	al	-7,24
B-62	13/05/1999	3,10	3,90	14,50	4,10	0,07	al	al	0,21	0,14	al	al	0,03	0,02	4,12	al	0,00	34,48	0,12	0,18	45,75	al	-4,50
B-78	13/05/1999	3,10	3,90	14,70	4,10	0,01	al	al	0,14	0,14	al	al	0,02	0,01	4,03	al	0,01	37,51	0,11	0,13	39,65	al	-2,33
B-94	13/05/1999	3,10	4,00	14,70	4,20	0,06	al	al	0,19	0,14	al	al	0,02	0,01	4,02	al	0,01	36,57	0,09	0,13	36,60	al	0,66
B-110	13/05/1999	3,10	4,00	14,50	4,10	0,05	0,02	al	0,11	0,14	al	0,04	0,01	0,01	4,11	al	0,01	35,88	0,01	0,99	39,65	al	-2,17
62	23/06/1999	3,10	4,20	15,50	3,60	0,07	al	al	0,11	0,14	al	al	0,01	0,03	4,61	al	al	35,69	0,07	0,12	45,75	al	-5,05
78	23/06/1999	3,20	4,30	15,50	3,60	0,03	al	al	0,11	0,13	al	al	0,02	0,03	4,71	al	al	35,78	0,45	0,14	78,80	al	-20,73
94	23/06/1999	3,30	4,40	15,50	3,60	0,04	al	al	0,10	0,14	al	al	0,02	0,02	4,48	al	al	35,74	0,39	0,14	45,75	al	-4,83
110	23/06/1999	3,10	4,30	15,70	3,70	0,02	al	al	0,13	0,13	al	al	0,02	0,02	4,32	al	al	35,37	0,19	0,12	48,80	al	-5,70
	10/10/2000	4,30	4,30	21,35	3,95	0,03	0,05	al	0,06	0,13	al	0,07	0,01	0,05	5,76	al	0,02	0,11	0,06	0,60	93,14	al	-0,31
PP-08	19/06/1998	0,00	9,40	0,00	5,40	0,27	0,26	al	al	0,11	al	0,08	al	0,17	1,22	0,00	0,02	0,04	0,01	0,14	149,45	al	-55,54
metros	24/11/1998	1,80	3,90	17,15	5,40	0,06	0,17	0,35	0,12	0,06	al	0,04	al	0,16	1,27	al	0,02	0,08	0,04	0,95	125,05	al	-16,05
42,85	09/03/1999	2,30	3,70	19,60	6,00	0,44	0,17	0,20	0,13	0,14	al	0,02	0,01	0,21	1,18	0,00	0,02	0,85	0,04	0,10	94,55	al	3,40
94,35	09/03/1999	1,90	3,50	23,15	8,85	0,58	0,01	0,13	0,15	0,20	al	0,04	0,02	0,21	1,31	0,03	0,02	18,14	0,04	0,18	97,60	al	4,06
A-75	11/05/1999	2,00	3,70	21,40	8,80	0,01	0,01	al	0,19	0,19	al	0,02	0,03	0,16	1,34	al	0,00	19,05	0,17	0,23	109,80	al	-4,32
A-97	11/05/1999	1,90	3,50	21,80	8,90	0,32	0,01	al	0,21	0,19	al	0,04	0,02	0,11	1,17	al	0,00	20,18	0,11	0,12	118,95	al	-6,92
A-115	12/05/1999	1,90	3,50	21,80	8,90	0,45	0,01	al	0,21	0,19	al	0,05	0,01	0,11	1,14	al	0,02	20,10	0,09	0,12	106,75	al	-2,19
A-130	12/05/1999	1,80	3,40	21,30	8,90	1,38	0,02	al	0,21	0,19	al	0,09	0,02	0,11	1,02	al	0,02	17,71	0,05	0,12	106,75	al	-0,66
B-75	13/05/1999	1,90	3,40	21,80	8,90	0,02	0,01	al	0,23	0,19	al	al	0,02	0,13	1,20	al	0,01	19,53	0,08	0,14	134,20	al	-12,29
B-97	13/05/1999	1,80	3,30	21,90	8,90	0,03	al	al	0,21	0,19	al	0,01	0,02	0,09	1,12	al	0,13	19,85	0,06	0,08	122,00	al	-8,32
B-115	13/05/1999	1,80	3,30	21,60	8,90	0,04	al	al	0,23	0,19	al	0,02	0,01	0,08	1,07	al	0,01	19,67	0,04	0,13	131,15	al	-11,61
B-130	13/05/1999	1,90	3,40	21,80	9,00	0,81	0,02	al	0,21	0,19	al	0,05	0,02	0,10	1,18	al	0,01	18,98	0,04	0,21	122,00	al	-6,76
75	22/06/1999	2,00	3,60	23,80	8,20	0,04	al	al	0,24	0,20	al	al	0,02	0,11	1,25	al	al	16,16	0,10	0,10	137,25	al	-10,92
97	22/06/1999	1,90	3,60	24,10	8,30	0,11	al	al	0,20	0,20	al	al	0,02	0,10	1,28	al	al	16,69	0,11	0,13	128,10	al	-7,60
115	22/06/1999	1,90	3,60	23,80	8,40	1,69	0,01	al	0,21	0,20	al	0,03	0,03	0,11	1,41	al	al	16,69	0,12	0,09	118,95	al	-2,60
130	22/06/1999	2,00	3,70	24,10	8,20	2,00	0,01	al	0,23	0,19	al	0,03	0,02	0,09	2,47	al	al	20,11	0,19	0,12	146,40	al	-12,64
	10/10/2000	2,30	3,80	21,25	7,75	al	0,14	al	0,06	0,14	al	al	al	0,18	1,56	al	0,01	0,05	0,03	0,14	105,98	al	2,95

al - Abaixo do limite do aparelho

na - não analisado

Unidade - mg/L

Poço	Coleta	T ar (C)	T água (C)	pH	Eh (mV)	O2 (mg/L)	C.E. (mS/cm)
PC-02	17/06/1998	25,40	25,40	6,45	485	6,30	241,00
	26/11/1998	37,10	26,70	6,30	561	2,80	219,00
	11/03/1999	30,00	28,20	6,22	503	4,36	237,00
	21/06/1999	18,30	18,20	6,53	549	6,10	269,00
	14/04/2000	27,80	27,40	5,92	516	na	254,00
	10/10/2000	27,40	27,00	5,96	386	na	236,00
PC-04	17/06/1998	23,00	24,10	6,42	471	5,38	390,00
	26/11/1998	35,70	27,20	6,35	536	2,42	332,00
	11/03/1999	27,00	26,70	6,32	490	3,69	358,00
	21/06/1999	26,70	26,20	6,67	504	3,10	394,00
	14/04/2000	28,00	28,00	6,25	456	na	300,00
	10/10/2000	29,60	29,00	6,05	336	na	279,00
PC-06	17/06/1998	33,00	26,40	6,49	491	0,74	203,00
	26/11/1998	28,30	21,60	5,94	524	1,17	120,80
	10/03/1999	32,00	27,00	6,19	504	3,49	227,00
	21/06/1999	22,70	22,60	6,24	519	3,60	183,00
	14/04/2000	34,00	28,10	5,98	551	na	205,00
	10/10/2000	29,10	29,00	5,72	318	na	174,00
PC-07	18/06/1998	20,80	22,90	5,86	501	6,46	126,60
	27/11/1998	26,40	22,40	5,82	570	3,05	148,30
	10/03/1999	27,50	26,80	5,56	530	4,76	124,00
	22/06/1999	16,90	17,40	5,53	568	6,10	121,00
	14/04/2000	28,00	27,10	5,19	497	na	124,00
	29/01/1900	29,40	29,00	5,46	358	na	121,00
PC-08	18/06/1998	32,40	27,20	5,88	490	0,70	252,00
	24/11/1998	36,40	29,20	5,82	547	1,04	227,00
	10/03/1999	35,10	32,40	5,71	491	1,20	254,00
	21/06/1999	24,60	24,70	5,88	542	2,40	241,00
	14/04/2000	27,00	24,50	5,66	493	na	281,00
	10/10/2000	29,30	29,00	5,53	431	na	249,00
PC-09	18/06/1998	31,00	27,50	5,92	524	0,69	255,00
	24/11/1998	38,30	28,50	5,70	553	1,54	317,00
	10/03/1999	33,70	31,00	5,84	500	3,34	386,00
	21/06/1999	27,70	26,20	5,96	527	3,50	337,00
	10/10/2000	27,00	27,00	5,70	325	na	320,00
PC-10	19/06/1998	25,20	25,20	6,28	513	0,65	167,50
	25/11/1998	30,30	24,40	6,27	564	2,88	132,70
	10/03/1999	29,60	29,10	5,79	497	4,79	125,00
	21/06/1999	19,30	19,50	6,62	474	4,50	135,00
	14/04/2000	28,00	27,70	5,64	541	na	102,00
	10/10/2000	30,10	30,00	5,60	421	na	98,10
PC-11	17/06/1998	26,70	25,10	5,69	494	5,60	463,00
	26/11/1998	35,70	23,50	5,83	580	2,63	330,00
	10/03/1999	27,00	27,40	5,40	523	4,23	512,00
	21/06/1999	25,00	25,10	5,79	519	3,20	486,00
	14/04/2000	28,80	29,50	5,76	531	na	518,00
PC-12	17/06/1998	26,70	25,40	5,07	503	4,63	224,00
	27/11/1998	32,50	24,40	5,78	595	2,97	270,00
	10/03/1999	37,20	36,50	5,12	535	4,65	202,00
	21/06/1999	24,40	25,00	5,47	539	3,10	256,00
	14/04/2000	28,00	26,20	5,22	544	na	229,00
	10/10/2000	27,30	27,00	5,25	399	na	247,00

Poço	Coleta	T ar (C)	T água (C)	pH	Eh (mV)	O2 (mg/L)	C.E. (mS/cm)
PC-14	18/06/1998	27,50	26,70	4,82	471	5,28	369,00
	24/11/1998	37,10	30,60	5,20	572	2,23	307,00
	10/03/1999	35,00	28,40	4,92	557	3,19	408,00
	21/06/1999	24,80	24,50	4,98	555	3,10	389,00
	10/10/2000	30,00	30,00	4,83	371	na	287
PC-16	18/06/1998	33,00	28,10	5,15	493	1,07	360,00
	26/11/1998	28,50	18,60	5,35	565	1,63	257,00
	10/03/1999	28,50	27,60	5,10	530	2,15	303,00
	21/06/1999	21,90	22,00	5,07	489	2,40	301,10
	14/04/2000	27,00	24,90	5,43	495	na	289,00
	10/10/2000	29,60	29,00	4,96	413	na	248,00
PC-17	18/06/1998	28,00	27,10	5,57	458	3,58	325,00
	25/11/1998	37,90	21,10	5,89	513	1,48	295,00
	10/03/1999	29,70	27,30	5,84	515	1,89	355,00
	21/06/1999	20,90	21,00	5,92	354	4,10	394,00
PC-18	18/06/1998	29,50	24,80	6,00	474	5,62	380,00
	24/11/1998	38,00	30,60	5,27	530	1,57	320,00
	10/03/1999	31,30	28,30	5,92	506	3,19	243,00
	22/06/1999	12,40	12,90	5,69	554	8,00	253,00
	14/04/2000	34,00	27,20	5,63	558	na	210,00
	10/10/2000	30,00	30,00	5,19	418	na	249,00
PC-22	18/06/1998	28,90	26,40	5,71	505	0,72	234,00
	25/11/1998	29,70	24,50	5,75	593	2,40	156,50
	10/03/1999	29,30	28,90	5,37	535	4,04	243,00
	21/06/1999	20,70	20,50	5,35	493	4,10	184,00
	14/04/2000	28,00	27,90	5,18	515	na	470,00
	10/10/2000	29,00	29,00	5,29	475	na	245,00
PT-01	17/06/1998	25,50	25,50	6,15	488	5,90	249,00
	26/11/1998	30,10	27,70	6,62	465	4,27	233,00
	11/03/1999	29,60	29,40	6,19	494	4,50	257,00
	21/06/1999	21,10	21,00	6,49	537	6,30	235,00
	14/04/2000	27,80	27,00	6,04	516	na	235,00
PT-02	17/06/1998	25,70	25,50	6,76	508	6,75	268,00
	26/11/1998	28,80	27,10	6,92	531	3,57	246,00
	11/03/1999	34,00	30,10	6,62	487	5,85	233,00
	21/06/1999	21,00	21,60	6,69	523	4,90	266,00
	14/04/2000	28,00	27,40	6,65	532	na	254,00
	10/10/2000	27,40	27,00	6,84	357	na	267,00
PT-05	17/06/1998	24,50	24,90	6,97	514	8,03	198,20
	26/11/1998	26,40	23,70	7,52	481	3,86	186,00
	10/03/1999	30,40	30,10	7,08	478	6,14	194,90
	21/06/1999	22,30	26,80	7,09	528	5,10	192,00
	14/04/2000	28,00	25,60	7,01	513	na	192,00
	10/10/2000	27,50	27,00	6,98	324	na	188,00
PT-08	18/06/1998	28,00	23,60	6,68	512	0,73	294,00
	27/11/1998	33,30	22,00	7,18	477	2,61	251,00
	10/03/1999	31,70	28,10	6,15	466	4,16	234,00
	22/06/1999	26,80	30,40	6,95	520	3,10	258,00
	14/04/2000	34,10	28,00	7,02	493	na	294,00

Poço	Coleta	T ar (C)	T água (C)	pH	Eh (mV)	O2 (mg/L)	C.E. (mS/cm)
PT-11	18/06/1998	26,00	26,20	6,13	493	5,45	223,00
	24/11/1998	27,40	25,70	6,40	410	3,78	216,00
	10/03/1999	31,80	24,60	5,97	494	4,48	211,00
	21/06/1999	17,80	17,90	6,25	526	5,20	223,00
	14/04/2000	26,00	26,90	6,14	488	na	214,00
	10/10/2000	26,10	26,00	6,99	491	na	157,10
PT-12	18/06/1998	25,50	26,10	6,99	491	0,70	157,10
	24/11/1998	31,60	20,50	7,17	531	3,97	137,30
	10/03/1999	26,80	26,50	6,92	491	6,31	93,30
	21/06/1999	20,10	20,20	7,14	462	6,00	140,30
	14/04/2000	28,00	28,00	7,03	514	na	139,00
	10/10/2000	24,90	24,00	6,66	375,00	na	137,70
PT-13	19/06/1998	24,50	23,80	6,78	459	5,76	318,00
	25/11/1998	27,30	21,30	7,17	532	2,83	265,00
	10/03/1999	30,00	29,30	6,82	480	5,24	279,00
	21/06/1999	24,20	24,00	7,05	514	4,10	315,00
	14/04/2000	26,70	26,20	6,12	464	na	300,00
	10/10/2000	27,50	27,00	6,95	359	na	298,00
PT-14	17/06/1998	29,00	28,20	5,34	502	0,70	258,00
	26/11/1998	27,50	25,30	5,50	495	1,58	240,00
	10/03/1999	29,20	28,80	5,34	453	2,44	264,00
	21/06/1999	14,30	14,50	5,51	519	3,70	238,00
	14/04/2000	26,70	28,00	5,30	496	na	244,00
	10/10/2000	27,10	26,80	5,26	354	6,10	225,00
PT-15	17/06/1998	27,00	26,50	5,96	494	0,66	107,90
	27/11/1998	29,10	24,90	6,36	515	3,13	155,00
	10/03/1999	25,00	26,00	6,41	514	2,43	112,60
	21/06/1999	18,50	17,80	5,84	474	4,00	129,70
	14/04/2000	34,00	27,10	5,94	536	na	110,00
	10/10/2000	27,10	27,00	6,02	417	na	103,30
PT-16	18/06/1998	23,50	25,10	6,83	491	0,58	203,00
	24/11/1998	31,80	21,80	7,02	547	4,04	186,30
	10/03/1999	27,70	27,20	6,97	502	5,90	256,20
	21/06/1999	19,60	19,70	6,85	476	5,50	178,30
	14/04/2000	28,00	27,90	6,82	547	na	187,00
	10/10/2000	25,50	25,00	6,55	401	na	128,47
PP-01	19/06/1998	25,60	25,90	6,76	517	0,48	118,30
metros	23/11/1998	32,40	28,90	7,04	539	0,01	114,20
46,80	09/03/1999	36,10	35,90	6,55	497	5,10	144,00
106,5	09/03/1999	36,90	36,10	6,52	509	6,66	103,00
46,8	23/06/1999	22,90	23,00	6,43	540	5,30	100,90
106,5	23/06/1999	23,00	23,10	6,37	524	5,80	105,80
	10/10/2000	28,90	28,00	6,85	317	na	123,00

Poço	Coleta	T ar (C)	T água (C)	pH	Eh (mV)	O2 (mg/L)	C.E. (mS/cm)
PP-02	19/06/1998	27,00	25,20	8,46	464	0,65	149,80
	24/11/1998	29,30	26,90	8,07	502	2,92	159,90
horas	09/03/1999	29,00	28,50	6,98	478	4,50	248,00
18:00	13/05/1999	na	25,00	6,76	457	4,29	276,00
18:15	13/05/1999	na	24,60	6,85	460	4,05	261,00
19:00	13/05/1999	na	24,50	6,92	464	4,00	281,00
24;00	13/05/1999	na	16,00	7,24	476	4,90	285,00
06:00	14/05/1999	na	21,50	7,28	528	4,40	256,00
12:00	14/05/1999	na	25,00	7,27	463	3,70	226,00
18:00	14/05/1999	na	24,00	7,23	462	3,40	220,00
	23/06/1999	25,30	25,70	6,68	508	3,50	275,00
	14/04/2000	27,80	27,60	6,85	575	na	275,00
PP-03	19/06/1998	27,50	25,30	7,64	478	0,73	291,00
	24/11/1998	29,90	28,10	7,77	491	3,60	288,00
	09/03/1999	29,50	28,00	7,11	475	5,06	249,00
	23/06/1999	24,60	25,70	6,66	508	3,70	272,00
	14/04/2000	31,10	28,60	6,93	500	na	229,00
	10/10/2000	25,80	25,00	7,10	334	na	253,00
PP-04	19/06/1998	27,00	25,50	8,78	452	0,64	158,70
horas	24/11/1998	29,20	26,80	8,72	505	3,47	158,30
09:10	09/03/1999	28,80	27,50	7,87	443	3,02	265,00
15:00	09/03/1999	34,00	29,30	8,54	445	3,70	138,00
18:10	13/05/1999	na	24,10	7,57	453	3,70	301,00
18:25	13/05/1999	na	24,10	7,76	452	3,00	290,00
19:10	13/05/1999	na	25,00	7,69	457	2,60	279,00
24;10	14/05/1999	na	16,00	8,32	502	4,30	161,00
06:10	14/05/1999	na	21,10	8,37	476	3,40	159,00
12:10	14/05/1999	na	25,00	8,49	440	2,90	190,00
18:10	14/05/1999	na	26,40	8,53	437	3,10	160,00
	23/06/1999	23,80	23,80	7,65	491	3,30	309,00
	14/04/2000	31,10	28,60	7,74	568	na	290,00
	10/10/2000	25,40	25,00	7,91	355	na	204,00
PP-05	19/06/1998	26,50	24,80	9,16	460	0,61	147,90
horas	10/03/1999	35,40	34,70	9,13	427	3,87	157,00
17:25	23/06/1999	22,30	22,20	9,01	440	4,10	160,00
17:45	23/06/1999	22,20	22,10	9,10	425	3,20	163,00
18:15	23/06/1999	22,00	22,10	8,88	465	3,60	122,00
19:15	23/06/1999	21,60	21,50	8,90	443	3,50	159,40
	14/04/2000	28,00	30,00	8,79	392	na	160,00
	10/10/2000	25,30	25,00	8,74	361	na	158,00

Poço	Coleta	T ar (C)	T água (C)	pH	Eh (mV)	O2 (mg/L)	C.E. (mS/cm)
PP-06	19/06/1998	26,20	25,60	8,92	487	0,62	137,10
metros	23/11/1998	34,20	29,30	6,38	451	3,29	136,20
39,10	09/03/1999	34,20	33,10	7,69	427	2,34	133,00
101,05	09/03/1999	35,20	35,00	5,93	449	4,56	134,00
A-62	12/05/1999	na	26,00	6,11	454	3,08	154,00
A-78	12/05/1999	na	26,00	6,05	432	4,12	153,00
A-94	12/05/1999	na	26,00	6,02	437	4,58	153,00
A-110	12/05/1999	na	25,70	6,06	434	4,43	155,00
B-62	13/05/1999	na	26,70	6,00	474	4,86	156,00
B-78	13/05/1999	na	26,40	5,96	460	3,51	154,00
B-94	13/05/1999	na	26,00	6,01	455	3,53	164,00
B-110	13/05/1999	na	25,80	6,64	467	4,38	155,00
62	23/06/1999	17,60	19,20	6,17	482	4,60	156,00
78	23/06/1999	18,10	18,40	6,16	477	5,40	154,90
94	23/06/1999	21,30	21,40	5,96	475	5,80	155,00
110	23/06/1999	22,90	23,00	6,02	480	4,10	155,50
	10/10/2000	29,80	29,00	7,14	345	na	158,00
PP-08	19/06/1998	23,80	23,90	7,74	160	0,47	171,20
metros	24/11/1998	27,50	27,20	7,63	513	1,49	162,50
42,85	09/03/1999	36,10	35,80	7,36	467	2,38	155,00
94,35	09/03/1999	34,10	33,60	6,84	476	7,12	193,00
A-75	11/05/1999	na	27,00	6,83	429	6,43	205,00
A-97	11/05/1999	na	24,80	6,76	421	4,60	206,00
A-115	12/05/1999	na	24,90	6,74	486	4,22	207,00
A-130	12/05/1999	na	24,30	6,63	491	4,53	205,00
B-75	13/05/1999	na	24,90	6,62	473	4,15	205,00
B-97	13/05/1999	na	25,10	6,65	460	4,03	207,00
B-115	13/05/1999	na	24,80	6,65	447	4,24	207,00
B-130	13/05/1999	na	16,00	6,65	428	4,15	209,00
75	22/06/1999	24,80	24,90	6,75	506	6,70	211,00
97	22/06/1999	22,80	22,80	6,73	498	5,00	215,00
115	22/06/1999	19,20	19,10	6,74	510	6,80	218,00
130	22/06/1999	17,90	28,10	7,05	535	7,10	250,00
	10/10/2000	27,00	27,00	7,54	321	na	176,00

na - não analisado

Anexo 4

Análise Estatística

Poços Cacimbas Particulares - PC

Jun/98

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
SO4	14	0,862	0,570	0,100	3,710	0,971
CL	14	22,271	23,095	2,520	55,340	14,795
NO3	14	80,311	65,815	35,310	154,830	37,147
F	14	0,141	0,145	0,013	0,390	0,101
PO4	14	0,018	0,014	0,006	0,060	0,015
NA	14	37,893	28,000	5,100	132,000	34,482
K	14	13,114	14,250	2,200	27,000	6,406
CA	14	15,229	15,275	3,800	29,300	7,870
MG	14	5,916	6,825	1,350	12,000	2,855
PH	14	5,808	5,870	4,820	6,490	0,524
EH (mV)	14	490,929	492,000	458,000	524,000	18,062
CE	14	285,007	253,500	126,600	463,000	96,828

Nov/98

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	14	20,696	16,775	6,100	45,750	13,060
SO4	14	0,591	0,375	0,070	2,240	0,590
CL	14	17,646	20,265	3,720	36,090	10,563
NO3	14	66,061	69,515	27,920	113,240	24,532
F	14	0,093	0,070	0,007	0,230	0,073
PO4	14	0,021	0,020	0,009	0,050	0,011
NA	14	17,993	18,750	3,900	37,000	10,841
K	14	5,350	5,500	2,200	7,800	1,776
CA	14	14,839	14,325	6,900	34,900	7,780
MG	14	6,289	6,525	2,250	12,700	2,803
PH	14	5,805	5,820	5,200	6,350	0,357
EH (mV)	14	557,357	562,500	513,000	595,000	24,963
CE	14	245,164	263,500	120,800	332,000	77,923

Mar/99

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	14	25,489	22,875	6,100	51,850	15,208
SO4	14	0,679	0,480	0,060	2,460	0,651
CL	14	21,551	20,010	6,250	44,000	12,235
NO3	14	77,905	68,595	37,350	163,190	30,358
F	14	0,082	0,075	0,030	0,180	0,041
PO4	14	0,036	0,040	0,020	0,060	0,011
NA	14	19,843	21,000	3,100	37,000	11,634
K	14	6,486	7,000	2,400	10,000	2,084
CA	14	19,900	18,000	5,250	37,200	9,807
MG	14	7,421	7,725	1,600	15,500	3,325
PH	14	5,664	5,750	4,920	6,320	0,438
EH (mV)	14	515,429	510,500	490,000	557,000	19,945
CE	14	284,071	248,500	124,000	512,000	109,533

Jun/99

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	13	22,758	21,350	3,050	57,950	16,501
SO4	13	0,872	0,510	0,230	3,580	0,946
CL	13	26,795	24,950	6,580	55,340	16,526
NO3	13	88,611	85,310	37,220	160,450	33,903
F	13	0,085	0,090	0,031	0,140	0,036
PO4	13	0,185	0,140	0,065	0,490	0,135
NA	13	18,062	19,000	3,600	35,500	10,688
K	13	5,977	6,700	2,400	9,400	1,830
CA	13	22,031	19,500	7,800	43,800	13,109
MG	13	6,215	6,000	1,000	11,800	3,252
PH	13	5,873	5,880	4,980	6,670	0,543
EH (mV)	13	514,846	527,000	354,000	568,000	55,502
CE	13	289,162	269,000	121,000	486,000	108,618

Abr/00

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	11	19,559	13,103	3,786	52,411	14,882
SO4	11	0,950	0,290	0,060	4,970	1,522
CL	11	22,704	18,340	2,300	59,170	18,890
NO3	11	85,233	80,100	35,030	172,870	41,715
F	11	0,051	0,040	0,009	0,120	0,038
PO4	11	0,026	0,015	0,007	0,060	0,018
NA	11	17,909	17,500	3,500	42,000	13,399
K	11	6,800	7,000	3,900	10,200	1,988
CA	11	12,927	9,000	2,650	33,300	9,387
MG	11	5,791	4,900	1,050	9,750	3,091
PH	11	5,624	5,640	5,180	6,250	0,348
EH (mV)	11	517,909	516,000	456,000	558,000	30,846
CE	11	271,091	254,000	102,000	518,000	127,348

Out/00

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	11	14,404	9,928	3,715	35,328	10,457
SO4	13	0,854	0,210	0,070	5,110	1,439
CL	13	24,261	18,250	3,330	99,220	24,826
NO3	13	79,388	73,830	31,080	228,640	49,671
F	13	0,052	0,041	0,012	0,090	0,028
PO4	13	0,048	0,030	0,014	0,140	0,046
NA	13	22,992	18,000	2,100	98,000	24,569
K	13	6,077	6,100	2,300	14,000	2,833
CA	13	15,331	9,450	3,650	63,650	15,637
MG	13	5,158	4,950	1,000	9,750	2,707
PH	13	5,453	5,460	4,830	6,050	0,360
EH (mV)	13	395,692	399,000	318,000	493,000	54,141
CE	13	225,931	247,000	98,100	320,000	64,331

Poços Tubulares Particulares - PT

Jun/98

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
SO4	10	0,223	0,160	0,060	0,880	0,242
CL	10	6,169	5,485	0,650	17,320	5,276
NO3	10	33,362	25,635	2,120	70,390	25,337
F	10	0,160	0,160	0,040	0,300	0,085
PO4	10	0,109	0,055	0,003	0,290	0,110
NA	10	9,030	7,300	2,500	28,000	7,612
K	10	6,580	5,800	2,600	11,200	2,563
CA	10	20,658	19,350	4,700	44,380	10,758
MG	10	6,165	4,900	2,650	11,600	2,881
PH	10	6,459	6,720	5,340	6,990	0,540
EH (mV)	10	495,200	493,500	459,000	514,000	15,810
CE	10	227,620	236,000	107,900	318,000	63,582

Nov/98

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	10	105,835	109,800	15,250	210,450	63,897
SO4	10	0,300	0,150	0,060	1,280	0,377
CL	10	6,315	4,305	0,940	23,290	6,692
NO3	10	29,465	22,530	1,730	69,310	24,076
F	10	0,122	0,120	0,006	0,210	0,071
PO4	10	0,029	0,019	0,008	0,070	0,025
NA	10	5,720	5,000	2,600	13,200	3,037
K	10	4,030	3,850	2,700	6,200	1,024
CA	10	21,110	18,700	9,050	38,800	9,139
MG	10	7,280	6,275	5,200	10,900	2,181
PH	10	6,786	6,970	5,500	7,520	0,584
EH (mV)	10	498,400	505,000	410,000	547,000	41,626
CE	10	211,560	224,500	137,300	265,000	43,321

Mar/99

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	10	79,605	73,200	15,250	183,000	54,512
SO4	10	0,316	0,090	0,009	2,170	0,657
CL	10	6,566	5,210	0,360	20,940	6,314
NO3	10	35,442	31,970	1,460	69,040	25,645
F	10	0,155	0,120	0,030	0,330	0,093
PO4	10	0,065	0,050	0,013	0,210	0,056
NA	10	5,290	4,250	2,400	13,400	3,175
K	10	3,890	3,650	2,600	6,400	1,159
CA	10	20,340	19,375	7,050	37,300	8,819
MG	10	7,575	7,250	3,250	11,700	2,811
PH	10	6,447	6,515	5,340	7,080	0,545
EH (mV)	10	485,900	489,000	453,000	514,000	17,584
CE	10	213,500	233,500	93,300	279,000	63,541

Jun/99

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	10	92,110	94,550	12,200	198,250	62,420
SO4	10	0,454	0,115	0,042	1,700	0,671
CL	10	8,036	7,465	1,700	23,740	6,578
NO3	10	43,114	49,350	2,870	69,400	26,914
F	10	0,068	0,052	0,010	0,180	0,051
PO4	10	0,363	0,325	0,140	0,850	0,222
NA	10	7,030	4,450	2,300	30,000	8,198
K	10	4,160	3,950	2,900	6,200	0,951
CA	10	23,697	19,600	7,100	49,300	12,679
MG	10	6,960	6,300	3,500	10,700	2,596
PH	10	6,586	6,770	5,510	7,140	0,560
EH (mV)	10	507,900	519,500	462,000	537,000	26,639
CE	10	217,530	229,000	129,700	315,000	57,842

Abr/00

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	10	76,488	77,798	9,827	170,336	52,360
SO4	10	0,333	0,065	0,040	2,050	0,642
CL	10	7,090	5,820	0,510	24,800	6,965
NO3	10	34,595	30,275	2,840	71,550	24,646
F	10	0,117	0,070	0,020	0,390	0,123
PO4	10	0,184	0,130	0,010	0,620	0,190
NA	10	5,170	4,700	2,400	12,200	2,796
K	10	3,870	3,400	2,900	6,200	1,066
CA	10	26,240	20,825	6,450	64,800	16,781
MG	10	9,830	8,250	4,350	21,700	4,962
PH	10	6,407	6,395	5,300	7,030	0,586
EH (mV)	10	509,900	513,500	464,000	547,000	25,111
CE	10	216,900	224,500	110,000	300,000	61,740

Out/00

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	8	93,129	89,926	22,482	183,064	59,851
SO4	8	0,319	0,080	0,050	1,270	0,460
CL	8	6,378	4,580	0,770	24,370	7,631
NO3	8	30,001	25,045	2,680	70,130	24,293
F	8	0,117	0,095	0,014	0,290	0,088
PO4	8	0,259	0,220	0,020	0,540	0,189
NA	8	4,813	4,550	2,000	11,200	2,941
K	8	3,450	3,400	2,500	4,800	0,670
CA	8	21,225	20,125	5,850	39,300	10,308
MG	8	7,769	7,000	3,800	13,400	3,171
PH	8	6,414	6,605	5,260	6,980	0,596
EH (mV)	8	364,625	358,000	324,000	417,000	32,129
CE	8	195,308	201,500	103,300	298,000	68,931

Poços Profundos da SABESP - PP

Jun/98

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	7	124,614	118,950	67,100	201,300	46,169
SO4	7	0,236	0,180	0,130	0,600	0,168
CL	7	1,754	1,240	0,870	3,290	1,035
NO3	7	5,371	0,310	0,040	23,500	8,856
F	7	0,184	0,180	0,110	0,230	0,041
PO4	7	0,017	0,016	0,007	0,030	0,007
NA	7	17,657	20,500	0,000	37,000	16,719
K	7	6,586	3,300	0,800	25,000	8,605
CA	7	13,614	11,300	0,000	30,700	12,825
MG	7	2,671	2,100	0,300	5,400	2,045
PH	7	8,209	8,460	6,760	9,160	0,860
EH (mV)	7	431,143	464,000	160,000	517,000	121,486
CE	7	167,714	149,800	118,300	291,000	56,841

Nov/98

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	6	110,043	111,325	47,210	179,950	43,990
SO4	6	0,445	0,230	0,150	0,950	0,393
CL	6	3,742	3,125	0,930	7,230	2,721
NO3	6	7,998	3,675	0,080	26,700	10,576
F	6	0,217	0,205	0,150	0,340	0,077
PO4	6	0,028	0,025	0,015	0,040	0,011
NA	6	12,850	11,100	1,800	28,000	11,122
K	6	4,845	3,650	0,070	16,000	5,664
CA	6	15,258	9,775	6,750	40,200	12,753
MG	6	3,933	3,100	0,650	9,500	3,164
PH	6	7,602	7,700	6,380	8,720	0,813
EH (mV)	6	500,167	503,500	451,000	539,000	28,986
CE	6	169,850	159,100	114,200	288,000	60,787

Mar/99

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	7	107,621	94,550	45,750	213,500	55,230
SO4	7	0,226	0,160	0,080	0,760	0,239
CL	7	3,629	2,440	1,180	7,110	2,559
NO3	7	11,577	6,770	0,120	30,430	12,760
F	7	0,196	0,200	0,110	0,270	0,053
PO4	7	0,059	0,040	0,016	0,130	0,040
NA	7	11,586	5,500	2,300	40,000	13,305
K	7	3,100	3,500	0,200	4,500	1,392
CA	7	22,379	19,600	2,800	40,500	14,900
MG	7	5,721	6,000	0,200	10,300	4,280
PH	7	7,527	7,360	6,550	9,130	0,834
EH (mV)	7	459,143	467,000	427,000	497,000	27,169
CE	7	193,000	157,000	133,000	265,000	57,859

Jun/99

	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	7	99,343	88,450	39,650	210,450	58,240
SO4	7	0,363	0,130	0,090	0,910	0,331
CL	7	4,557	2,590	1,410	9,610	3,559
NO3	7	23,936	18,310	0,200	51,470	18,361
F	7	0,117	0,120	0,005	0,270	0,088
PO4	7	0,597	0,380	0,070	1,490	0,574
NA	7	7,229	3,100	1,900	31,500	10,743
K	7	3,586	3,800	0,400	4,800	1,477
CA	7	21,800	22,800	4,600	46,700	13,966
MG	7	6,871	8,400	0,400	14,200	4,733
PH	7	7,030	6,680	6,170	8,880	0,935
EH (mV)	7	500,571	508,000	465,000	540,000	23,999
CE	7	207,557	218,000	100,900	309,000	82,113

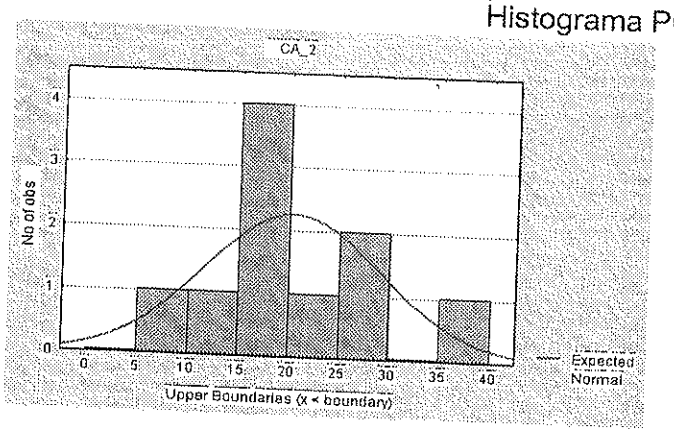
Abr/00

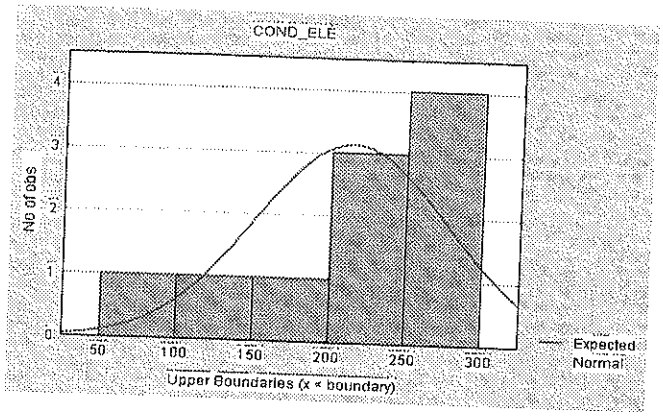
	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	4	128,571	119,563	78,617	196,542	50,703
SO4	4	0,058	0,055	0,040	0,080	0,021
CL	4	4,053	4,160	1,370	6,520	2,849
NO3	4	19,110	17,450	0,008	41,530	19,496
F	4	0,156	0,170	0,005	0,280	0,113
PO4	4	0,054	0,025	0,006	0,160	0,072
NA	4	11,775	5,050	3,500	33,500	14,511
K	4	3,175	3,900	0,400	4,500	1,900
CA	4	36,025	45,000	4,700	49,400	21,291
MG	4	9,250	10,400	0,550	15,650	6,340
PH	4	7,578	7,335	6,850	8,790	0,903
EH (mV)	4	508,750	534,000	392,000	575,000	84,866
CE	4	238,500	252,000	160,000	290,000	58,415

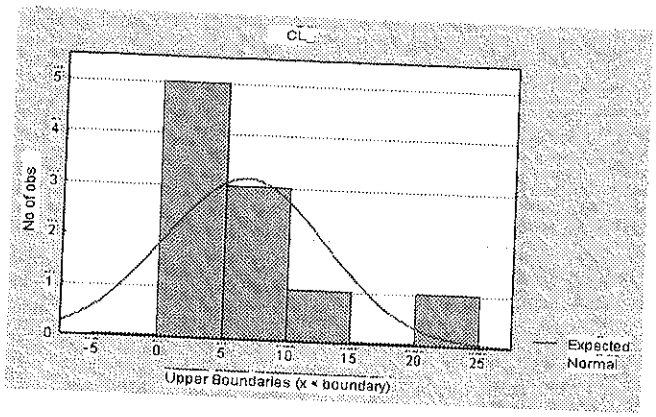
Out/00

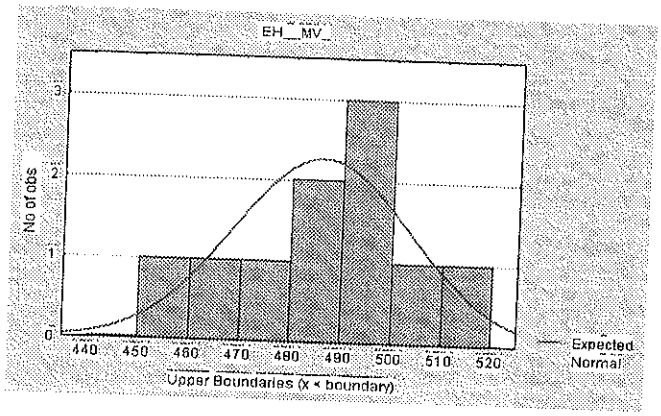
	N	Média	Mediana	Mínimo	Máximo	DP
HCO3	6	99,561	104,379	51,386	138,101	28,072
SO4	6	0,168	0,085	0,050	0,600	0,215
CL	6	2,967	1,880	1,310	5,760	2,046
NO3	6	9,430	1,310	0,050	33,200	14,155
F	6	0,167	0,185	0,050	0,320	0,100
PO4	6	0,033	0,030	0,020	0,060	0,015
NA	6	11,683	4,500	2,300	32,500	12,830
K	6	3,075	3,900	0,050	4,400	1,742
CA	6	16,458	18,250	3,850	27,600	8,724
MG	6	5,225	4,675	0,500	9,800	3,253
PH	6	7,547	7,340	6,850	8,740	0,694
EH (mV)	6	338,833	339,500	317,000	361,000	17,938
CE	6	178,667	167,000	123,000	253,000	45,005

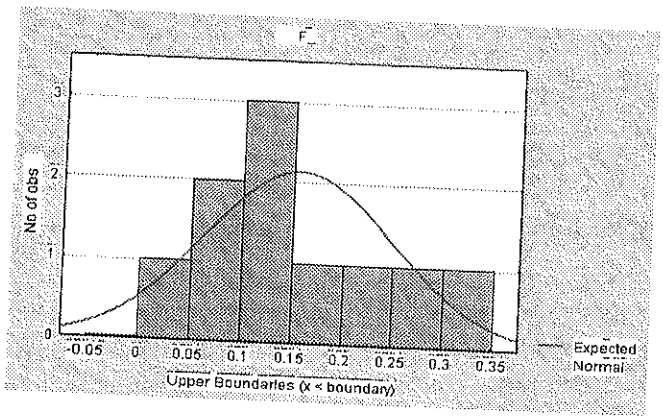
Histograma PC Março de 1999

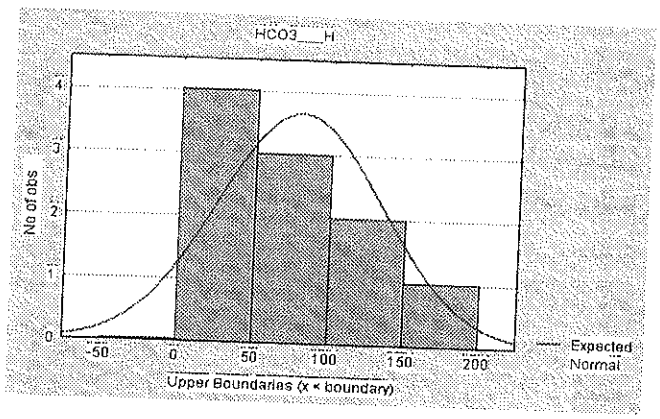


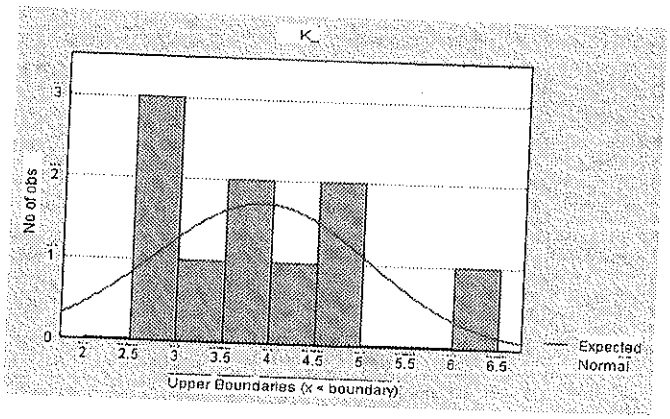




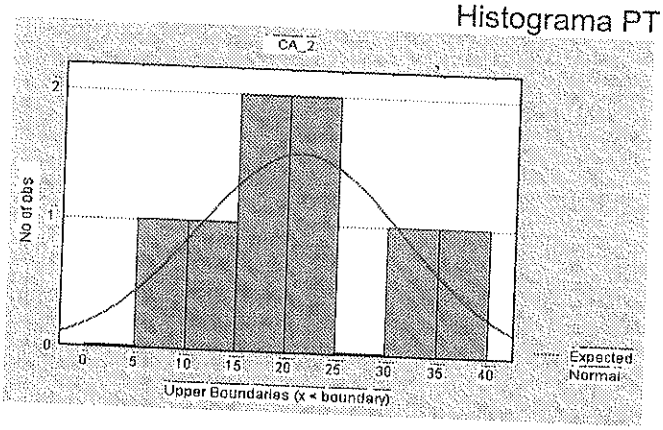


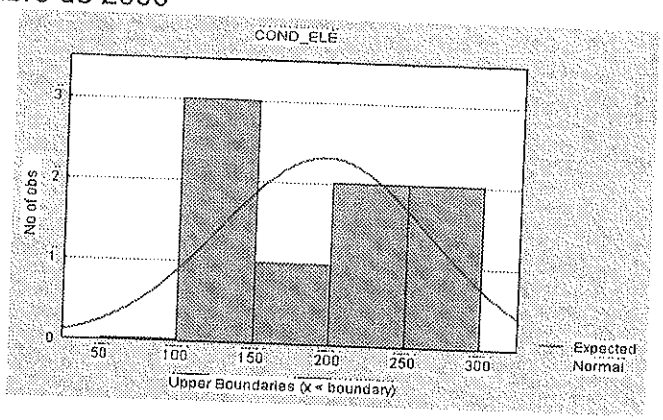


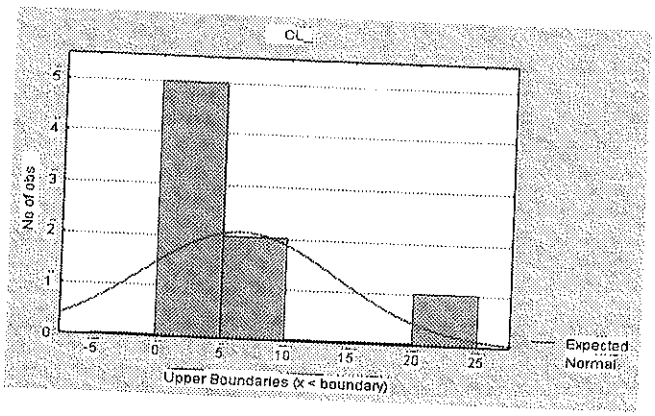


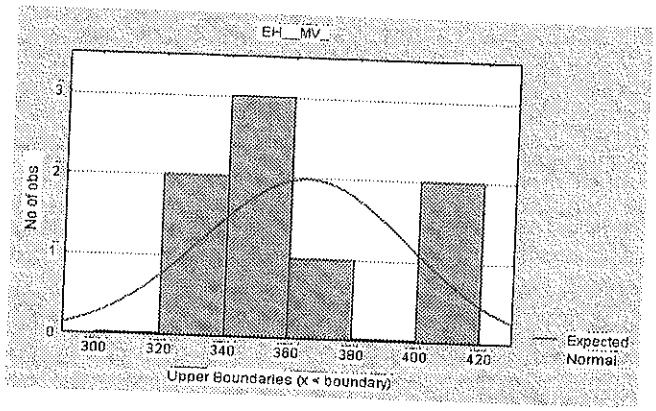


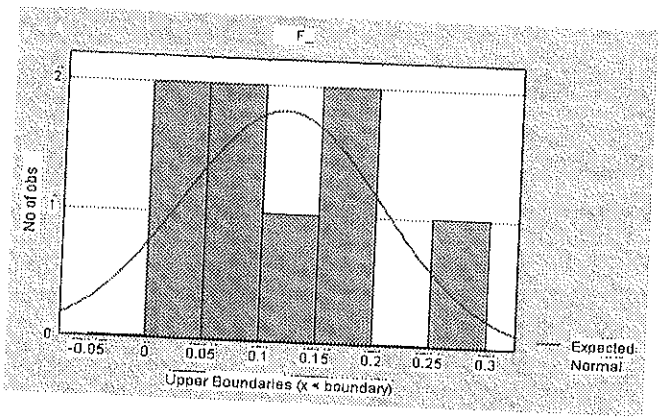
Histograma PT Outubro de 2000

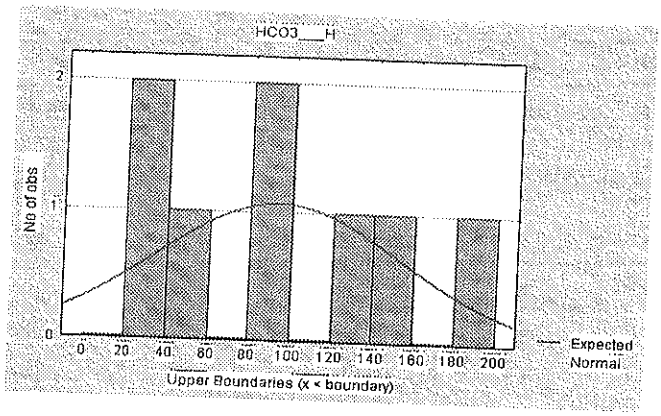


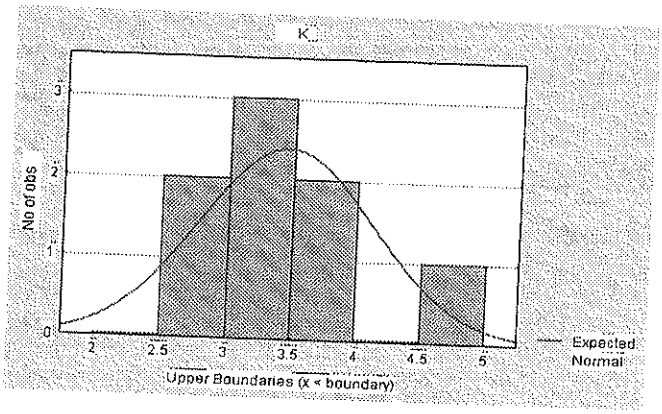
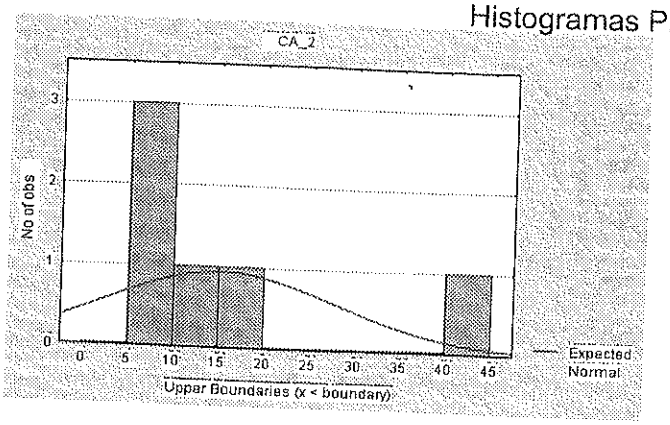
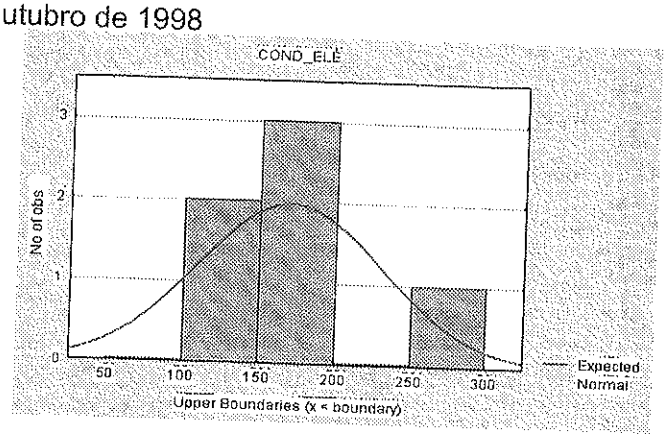
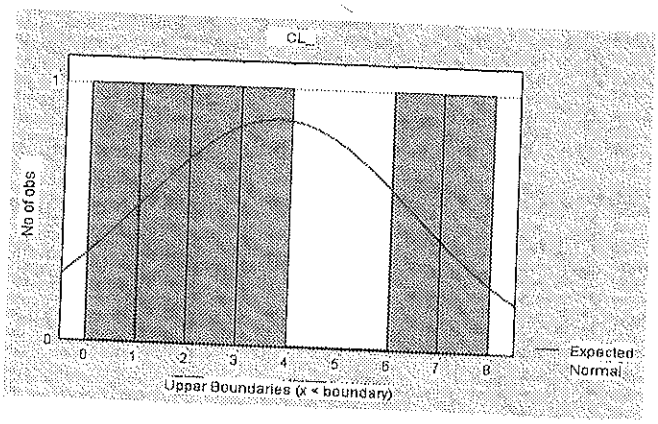
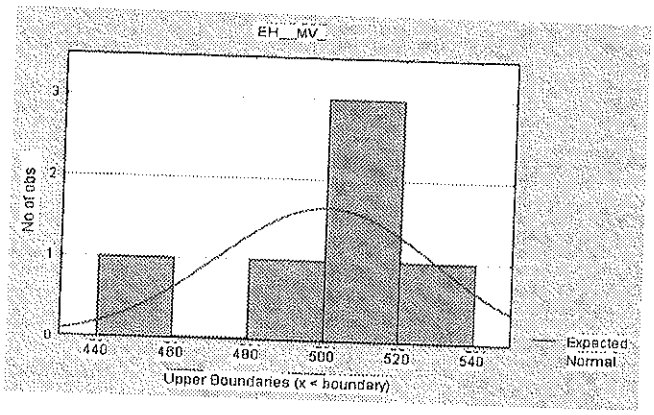
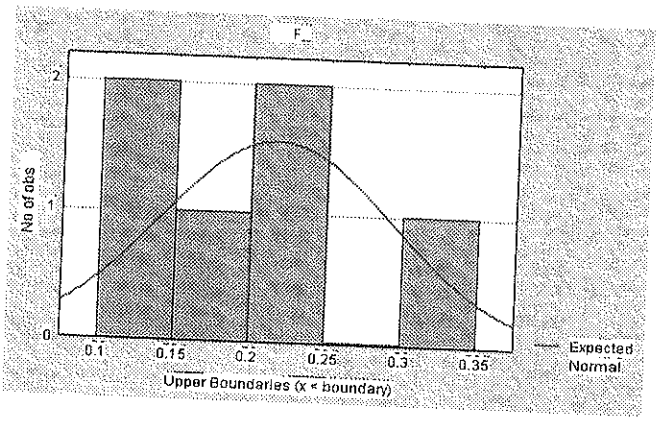
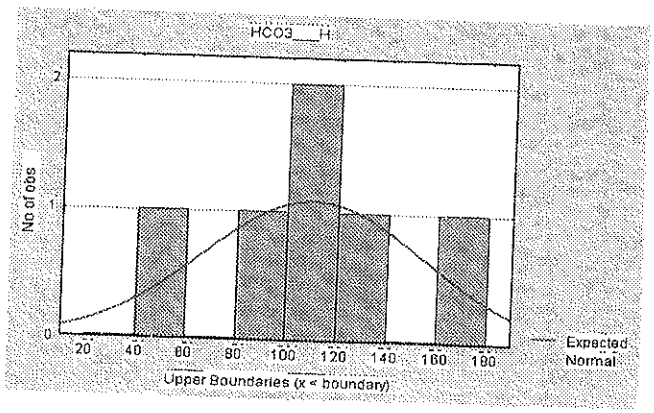
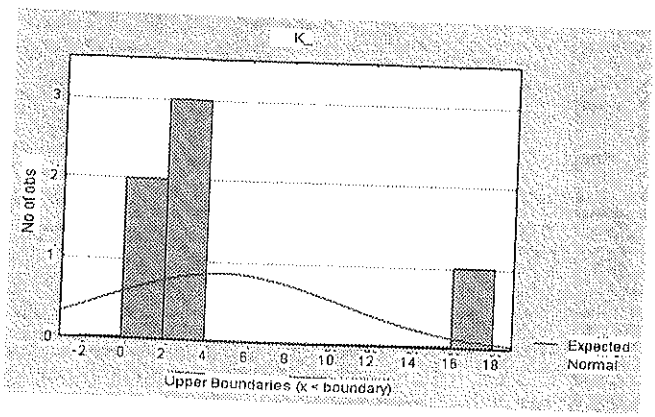












Histogramas PP Outubro de 1998