

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

**MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DO CROMO NAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO NOROESTE DO
ESTADO DE SÃO PAULO**

Matheus Palla Moreno

Orientador: Prof. Dr. Reginaldo A. Bertolo

Monografia de Trabalho de Formatura

(TF – 07/28)

TF
M843
MP.m

São Paulo
2007

Universidade de São Paulo
Instituto de Geociências

DEDALUS - Acervo - IGC



30900024091

**MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DO CROMO NAS
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DA REGIÃO NOROESTE DO
ESTADO DE SÃO PAULO**

Matheus Palla Moreno



Orientador: Prof. Dr. Reginaldo A. Bertolo

Monografia de Trabalho de Formatura

(TF – 07/28)

São Paulo
2007

SUMÁRIO

ANEXOS	III
AGRADECIMENTOS	IV
RESUMO.....	V
ABSTRACT	VI
1. APRESENTAÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1. HISTÓRICO DAS ATIVIDADES ANTERIORES	3
3.2. COMPORTAMENTO GEOQUÍMICO DO CROMO.....	5
3.3. CASOS SIMILARES DE OCORRÊNCIA NATURAL DE CROMO	6
3.4. CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	8
3.4.1. Aspectos Fisioclimáticos.....	8
3.4.2. Geologia da Área de Estudo.....	9
3.4.3. Hidrogeologia e Hidrogeoquímica.....	12
4. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	16
4.2. CADASTRAMENTO DE INFORMAÇÕES.....	16
4.3. SISTEMATIZAÇÃO, TRATAMENTO E INTERPRETAÇÃO DOS DADOS.....	17
5. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO.....	19
5.1. DIFICULDADES ENCONTRADAS.....	19
5.2. CRONOGRAMA DAS ATIVIDADES EFETIVAMENTE REALIZADAS.....	19
6. RESULTADOS OBTIDOS	20
6.1. CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DOS POÇOS CADASTRADOS.....	20
6.2. PRODUTIVIDADE DOS POÇOS CADASTRADOS.....	23
6.3. MAPEAMENTO DA DISTRIBUIÇÃO DO CROMO NA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	26
6.4. CORRELAÇÕES ESTATÍSTICAS	27
6.4.1. Poços do Aquífero Adamantina.....	27
6.4.2. Poços do Aquífero Serra Geral	31
6.4.3. Poços Mistos (Adamantina e Serra Geral)	33
6.4.4. Comentários sobre os Resultados de Correlações.....	37
6.5. EXEMPLOS	38
6.5.1. Poços de Nova Canaã Paulista	38
6.5.2. Poços de Nova Lusitânia e Nova Granada.....	39
6.5.3. Poço de Marinópolis.....	40
7. CONCLUSÕES	41
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

ANEXOS

Anexo 01: Cadastro de poços tubulares profundos da região noroeste do Estado de São Paulo divididos em três grupos: Poços que captam água exclusivamente do Aquífero Adamantina; Poços que captam água exclusivamente do Aquífero Serra Geral e Poços que captam água tanto do Aquífero Adamantina quanto do Aquífero Serra Geral (Poços Mistos).

Anexo 02: Mapa do estado de São Paulo mostrando as concentrações de cromo na água subterrânea da região noroeste.

AGRADECIMENTOS

A realização desta monografia se deu através da ajuda de entidades e valioso apoio de pessoas sem as quais se tornaria difícil a execução da mesma.

Ao professor Dr. Reginaldo Bertolo por sua orientação, assistência, dedicação, paciência e principalmente por sua amizade.

Ao aluno de mestrado Leonardo Marcolan, pelas discussões relevantes ao tema.

À aluna de graduação Mariana de Lucca Carpinelli pela ajuda prestada.

À Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), por todo apoio realizado, em especial a:

Joaquim Hornink,

Fernando W. B. Franco Filho,

Cezar Bianchi Neto.

Ao IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo) em especial ao professor Dr. José Luiz Albuquerque Filho pela assistência prestada e pelas opiniões dadas no início do projeto.

Ao coordenador de estágio Cláudio Lemos, pela compreensão.

RESUMO

A ocorrência de elevadas concentrações de cromo em águas subterrâneas associados a fontes naturais é incomum. Todavia, estudos realizados no município de Urânia mostram que a origem do cromo é natural e que a distribuição deste elemento se estende para vários outros municípios da região.

Este trabalho objetivou investigar a extensão da anomalia de cromo nas águas subterrâneas da região noroeste do Estado de São Paulo através de um mapeamento de sua distribuição, assim como encontrar correlações entre as concentrações de cromo nas águas com as variáveis hidrogeológicas, aspectos construtivos dos poços, produtividade e também com suas propriedades químicas.

Para que se tornasse possível tal mapeamento, a Companhia Estadual de Saneamento Básico (SABESP), disponibilizou os arquivos de poços tubulares profundos da região com suas respectivas análises químicas totalizando 367 poços distribuídos em 84 municípios. Deste total, o cromo foi observado acima do limite de detecção do método analítico em 63 municípios, muitas vezes em concentrações acima do limite de potabilidade.

Os resultados indicaram que o cromo foi encontrado na água subterrânea de poços que exploram não somente o Aquífero Adamantina, mas também o Aquífero Serra Geral. De uma forma geral, as concentrações variaram de não-detectado a 0,12 mg/L, e média de 0,034 mg/L, valor relativamente próximo do limite de potabilidade (0,05 mg/L).

Observou-se não haver um padrão na distribuição espacial das concentrações de cromo no aquífero, não havendo uma região específica onde há uma maior ou menor ocorrência. Observou-se, também, que o cromo não se encontra de uma forma claramente estratificada nos diferentes níveis aquíferos, comprovada pela ausência de correlações entre as concentrações de cromo e os aspectos hidrogeológicos, construtivos dos poços, de produtividade e de ocorrência das demais espécies químicas.

Os dados de análises químicas tratados neste trabalho indicam, portanto, que o cromo dissolvido encontra-se disseminado de forma imprevisível nos aquíferos, tanto em área como verticalmente.

ABSTRACT

The occurrence of anomalous concentrations of chromium in groundwater associated with natural sources is uncommon. Studies conducted in the city of Urânia (SP) show that the origin of the chromium in the local aquifer is natural and that the distribution of this element is widespread over many other municipalities of that region.

This work aimed to investigate the extension of the chromium concentrations in the aquifers of the Northwestern region of the State of São Paulo, as well as to find correlations between these concentrations with hydrogeological features, wells construction characteristics, their productivities and also with the chemical properties of the groundwater.

The information of 367 wells distributed in 84 municipalities of the region was obtained in SABESP. Among them, chromium was observed above the detection limit of the analytical method in 63 municipalities, many times in concentrations above the potability limit.

This investigation revealed that chromium was found in groundwater from wells installed in the Adamantina and Serra Geral aquifers. Concentrations varied from non-detected to 0.12 mg/L, with an average value of 0.034 mg/L, this value being relatively close to the potability limit (0.05 mg/L).

A clear spatial distribution pattern of chromium concentrations in the aquifers was not obtained, and a specific region where chromium may occur in a special manner was not observed. Also, chromium is not clearly found in a stratified form in the different layers of the aquifers, since correlations between its occurrence with hydrogeological aspects, wells construction characteristics, their productivities and also with the other chemical properties of the groundwater were not observed.

The available information of chemical analyses indicates, therefore, that the dissolved chromium is found in a diffused and unexpected form in the aquifers, both spatially and vertically.

1. APRESENTAÇÃO

O assunto do projeto relaciona-se com a detecção de cromo hexavalente na água subterrânea, algumas vezes ultrapassando o limite máximo permitido para consumo humano, em uma extensa área do Aquífero Adamantina localizada na região noroeste do Estado de São Paulo (figura 1). Este tema possui importância no que se refere à economia e a saúde pública, pois cerca de 80% das cidades da região são abastecidas por água subterrânea.

A presença de minerais cromíferos é freqüente nas rochas em geral, mas em poucas áreas no mundo tem sido constatada a contaminação por cromo nas águas subterrâneas.

Almodovar (1995) identificou a ocorrência de cromo na água subterrânea de 47 municípios desta região. Trabalhos posteriores na região de Urânia (Almodovar, 2000) indicaram que a origem do cromo é natural, proveniente da dissolução de minerais cromíferos dos solos e sedimentos da Formação Adamantina e não relacionada com atividades humanas. Um estudo encontra-se atualmente em andamento na região de Urânia visando (1) correlacionar as características químicas e mineralógicas das rochas com a composição química da água subterrânea e (2) caracterizar as reações geoquímicas que justificam a passagem do cromo da fase sólida para a água (Bertolo, 2007 - processo FAPESP 05/60502-3).

Com base no conhecimento acumulado nas pesquisas realizadas no município de Urânia, pretende-se estender esses resultados para os demais municípios afetados pelo problema de cromo na água subterrânea, representando uma atualização e extensão dos trabalhos realizados inicialmente por Almodovar (1995).

O tema desenvolvido tem importância social e econômica, pois caso sejam observadas correlações entre a ocorrência regional de cromo na água subterrânea com os dados a serem obtidos dos poços cadastrados, ações para o gerenciamento do problema a longo prazo poderão ser sugeridas e implementadas.

Como consequências deste projeto, recomendações são realizadas, como a de se evitar a construção de novos poços em determinados locais, ou de se permitir a construção de novos poços mediante a aplicação de determinadas características técnicas que evitem o bombeamento da água com cromo. Ações desta natureza tem visível repercussão na economia e na proteção da saúde pública.

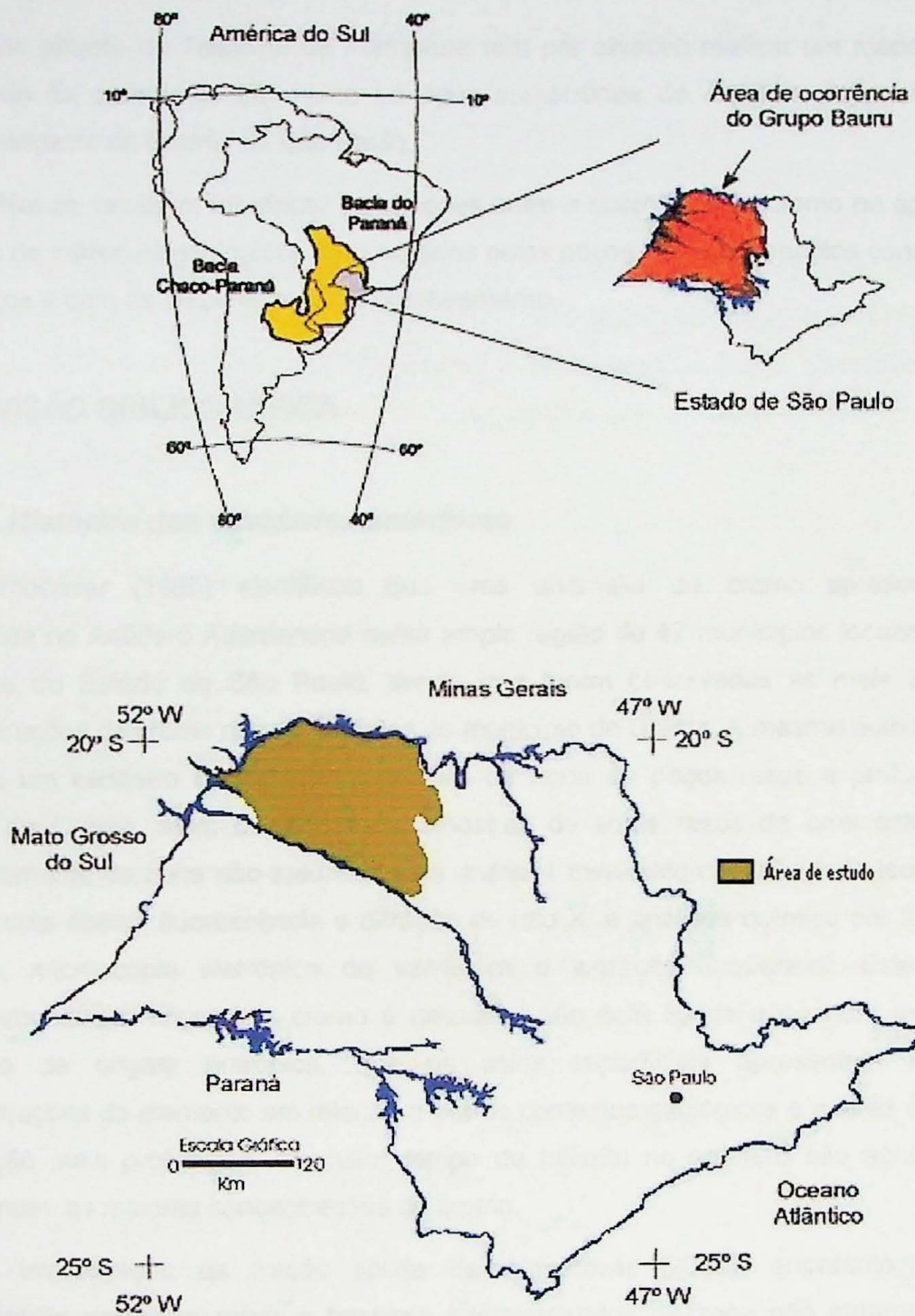


Figura 1 – Localização da área de estudo

2. OBJETIVOS

Este projeto de Trabalho de Formatura tem por objetivo realizar um mapeamento atualizado da ocorrência de cromo na água subterrânea do Aqüífero Adamantina na região noroeste do Estado de São Paulo.

Objetiva, também, identificar correlações entre a ocorrência de cromo na água com os tipos de materiais geológicos atravessados pelos poços, com os aspectos construtivos dos poços e com os seus regimes de bombeamento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Histórico das atividades anteriores

Almodovar (1995) identificou que uma anomalia de cromo apresentava-se distribuída no Aqüífero Adamantina numa ampla região de 47 municípios localizados no noroeste do Estado de São Paulo, sendo que foram observadas as mais elevadas concentrações de cromo nos sedimentos do município de Urânia. A mesma autora (2000) realizou um cadastro e coleta de amostras de água de poços rasos e profundos na cidade de Urânia, além de coleta de amostras de solos rasos de uma estação de monitoramento da zona não saturada para análises mineralógicas utilizando técnicas de microscopia óptica, fluorescência e difração de raio X, e análises química por ICP/AES-Plasma, microscopia eletrônica de varredura e extração seqüencial. Este estudo comprovou que a origem do cromo é natural e não está ligada a nenhum evento de poluição de origem antrópica, que os solos superficiais apresentam elevadas concentrações do elemento em relação a outros contextos geológicos e que as águas de circulação mais profunda e de maior tempo de trânsito no aqüífero são aquelas que apresentam as maiores concentrações de cromo.

A investigação da fração sólida de Almodovar (2000), entretanto, ocorreu basicamente em solos rasos e bastante intemperizados da zona não saturada e até aquele momento não havia material analisável disponível das porções mais profundas do Aqüífero Adamantina, local este onde ocorrem as maiores concentrações de cromo na água. Por isso, algumas questões ainda permaneceram em aberto nesta pesquisa, tais como onde se encontra o cromo na fase sólida do aqüífero profundo e por que o cromo passa da fase sólida para a água neste meio, ou seja, quais são os mecanismos hidrogeoquímicos que promovem a passagem do cromo da rocha para a água.

Bertolo (2001) investigou o comportamento hidráulico e a evolução hidrogeoquímica geral da água de infiltração da zona não saturada do Aquífero Adamantina em Urânia - SP. O método de investigação envolveu a construção de uma estação de monitoramento, na execução de análises para caracterização da fase sólida do solo (microscopia óptica, difração de raio X, análise química por ICP/AES-Plasma, análises de capacidade de troca catiônica e microscopia eletrônica de varredura), no monitoramento dos potenciais matriciais do solo, em amostragens e análises de água da zona não saturada e na execução de modelagens hidráulicas (VS2DT/Unsat Suite) e hidrogeoquímicas (MinteqA2 e Phreeqc). Os resultados da investigação culminaram com a determinação e caracterização dos principais fenômenos geoquímicos de interação água / fase sólida atuantes na zona não saturada.

Gutierrez (2003) estudou a hidrogeoquímica dos elementos maiores da água dos poços cacimba e tubulares profundos da cidade de Urânia, através da análise química de várias amostras de água subterrânea de poços rasos e profundos. A autora identificou estratificação da qualidade da água do aquífero e indicou a existência de prováveis mecanismos hidrogeoquímicos que explicam o comportamento dos cátions e ânions maiores no aquífero raso e profundo.

Os trabalhos de Bertolo (2001) e Gutierrez (2003) focaram na caracterização mais ampla do ambiente hidrogeoquímico e procuraram identificar fenômenos geoquímicos de interação rocha-água na zona não saturada e aquífero, embora também aqui não houvesse ainda disponível material analisável das porções mais profundas do Aquífero Adamantina. Nestes dois estudos, o cromo não foi estudado e inserido dentro do contexto mais amplo da hidrogeoquímica dos demais elementos maiores.

Durante a investigação da origem do nitrato na água subterrânea de Urânia, Cagnon (2003) construiu dois poços profundos, perfurados até o topo da Formação Serra Geral na cidade de Urânia, atravessando toda a seção da Formação Adamantina. Foram coletadas amostras indeformadas de rocha a cada 5 metros de profundidade nos dois poços. Estas amostras foram descritas por Marcolan (2006), que realizou as suas caracterizações química, mineralógica e petrográfica visando identificar em quais camadas e de que forma se encontra o cromo na fase sólida. O autor verificou que as maiores concentrações de cromo ocorreram nas amostras que estavam em torno de 50 metros de profundidade, sendo estas concentrações mais elevadas que o padrão permitido para valores de solo no estado de São Paulo (CETESB 2001). Os maiores teores de cromo foram encontrados em cristais de augita, além de considerável concentração em capas de argilominerais.

Uma série de atividades está sendo realizada a fim de se obter uma visão integrada do comportamento do cromo na fase sólida e na água desde a zona não saturada até a base do Aquífero Adamantina. Investigações mais detalhadas e mais objetivas como a construção de dois novos poços de monitoramento, assim como a análise de água que foram coletadas, ajudarão na definição de um modelo geoquímico para a cidade de Urânia que poderá vir a ser aplicado nas demais regiões estudadas.

3.2. Comportamento geoquímico do Cromo

A maior parte dos artigos citados neste item são provenientes da revisão bibliográfica realizada por Almodovar (2000).

O cromo tem sido identificado como um problema de saúde pública por causa de seus efeitos tóxicos sobre níveis baixos de exposição e está distribuído de forma ampla no meio ambiente (ATSDR,2000).

O cromo pode ser encontrado no meio ambiente em concentrações variadas nas águas, ar, rochas, solos e em toda matéria biológica. Este elemento possui dois estados de oxidação no ambiente natural: hexavalente (Cr VI) e trivalente (Cr III). O cromo (III) é pouco móvel nas águas subterrâneas e apresenta baixa toxicidade para o ser humano, se ingerido por via oral. Já o cromo (VI) é altamente móvel e possui alta toxicidade (Calder, 1988).

As formas trivalentes são nutricionalmente ativas, têm baixa toxicidade, apesar de não terem sido estabelecidas doses limites. O cromo hexavalente é muito mais tóxico e não apresenta valor nutricional. Este pode ser absorvido por ingestão, inalação e através da pele, podendo causar ulcerações e eczemas (Amaral, 1985).

A presença de cromo nas águas subterrâneas está normalmente associada à contaminação de origem antrópica. Pode ser mais bem evidenciada em áreas onde estão instaladas indústrias de metal e de tratamento de madeira, curtumes, mineração de cromo e processos de beneficiamento de metal, indústrias de manufaturas de pigmentos, de filmes fotográficos e de inibidores de corrosão, entre outras.

O cromo é um metal que ocorre freqüentemente na natureza. Sua composição média na crosta é de 100 ppm, com valores diferenciados para o diabásio (120 ppm) e para o granito (20 ppm). Nas rochas sedimentares a presença de cromo pode estar associada a minerais de argila. A montmorilonita comporta a substituição atômica de um considerável número de elementos em sua estrutura, incluindo o cromo trivalente. Nestes minerais o cromo não tem origem primária. Nas rochas ígneas, o cromo está presente em

piroxênios. Estes minerais têm uma composição altamente variável devido à substituição atômica. O íon em questão pode ocorrer em até 1,2% em alguns diopsídios e em algumas augitas (Mason, 1971).

A concentração de cromo no solo pode ser determinada pelo material de sua origem. Solos derivados de rochas ígneas e de folhelhos apresentam concentrações mais elevadas, comparativamente a outras litologias. Solos derivados de serpentinitos usualmente contém alto teor de cromo. Em solos com elevado teor de óxidos de manganês foi constatada a possibilidade do Cr (III), forma relativamente estável, ser oxidado à forma de Cr (VI), de grande mobilidade no solo (Bartlett & James, 1979). Porém, a redução de Cr (VI) no solo, pode ser aumentada com a presença de matéria orgânica (Carry et al., 1977; Bartlett & Kimble, 1976).

3.3. Casos similares de ocorrência natural de cromo

Não é comum a ocorrência de altos teores de cromo na água subterrânea associados a fontes naturais. No entanto, rochas máficas, ultramáficas e sedimentos de suas unidades geralmente apresentam altas concentrações de cromo quando comparadas com outros tipos de rochas. Elevadas concentrações de cromo natural tem sido vistas em águas subterrâneas do Aqüífero Aroma Red Sands, na Califórnia (Gonzalez et al., 2005), no Leon Valley, México (Robles-Camacho e Armienta, 2000) e no Deserto de Mojave, a leste da Califórnia (Ball e Izbicki, 2004) e Arizona (Robertson, 1991).

Gonzalez *et al* (2005) realizaram estudos na região do condado de Santa Cruz, Califórnia, EUA, que indicaram uma contaminação da água potável proveniente do Aqüífero Aromas Red Sand. As concentrações de cromo hexavalente atingiram valores desde 6 até 36 $\mu\text{g/L}$, bem próximos do limite de potabilidade de 50 $\mu\text{g/L}$. O aqüífero Aromas Red Sand é confinado em sua maior parte com espessura variando de 30 a 300m e consiste primariamente de arenito quartzoso e areias marrom escuras a vermelhas bem selecionadas, friáveis. O objetivo do estudo foi de investigar a fonte e os gradientes espaciais das concentrações e especiações do cromo nos aqüíferos locais. Foram coletadas 11 amostras de água subterrânea no condado de Santa Cruz, sendo dez do aqüífero onde estavam sendo reportadas as elevadas concentrações de cromo, o aqüífero Aromas Red Sand, e uma de um aqüífero adjacente, o Purisima, que depois foram analisadas para análise de cromo total. Foi medida também a especiação do cromo e determinado que em média 84% do cromo total era Cr(VI). Também foram feitas análises de extração seqüencial em amostras de sedimento dos dois aqüíferos, usadas para caracterizar a distribuição de metais traço do sedimento, como Cr, Fe, Mn,

fornecendo informações sobre a origem, disponibilidade, reatividade e mobilização desses metais traço. Os resultados das amostras de água subterrânea e sedimentos indicam que o cromo ocorre naturalmente no aquífero Aromas Red Sand, possivelmente por depósitos minerais de Cr(III) sendo oxidados para Cr(VI) por óxidos de manganês do aquífero.

Em León Guanajuato Valley, México central, foi detectada a presença de cromo nas águas subterrâneas, resultante de fontes naturais. Estudos foram realizados para se descobrir quais tipos de rochas e processos geoquímicos eram responsáveis pela presença de cromo na água. Foram realizadas análises químicas das águas superficiais e subterrâneas, difração de raio-X e determinação por espectrômetro de energia dispersiva EDS (Energy Dispersive Spectrometry). Experimentos de lixiviação com vários tipos de rocha, incluindo determinações por microscopia de escaneamento de elétrons SEM (Scanning electron microscopy)/EDS e descrições petrográficas, foram utilizados para identificar os minerais com as maiores possibilidades de liberar cromo. Foi concluído que a leste de Leon Valley, o cromo vem das unidades ultramáficas, e de seus produtos de alteração da Sierra de Guanajuato. A tectônica recente e passada e eventos hidrotermais também contribuem para a liberação de cromo. Entre as rochas estudadas, os serpentinitos mostraram o maior potencial de poluição de água e a desintegração de bordas de exsolução parece ser o principal processo geoquímico responsável pelo cromo (Camacho & Armienta 2000).

Ball & Izbick (2004) estudaram a parte oeste do Deserto de Mojave, a leste de Los Angeles, Califórnia, EUA, onde quase toda a água subterrânea é bombeada de aquíferos aluviais que consistem de granitos e rochas metamórficas intemperizadas das montanhas San Bernardino e granitos e rochas metamórficas e vulcânicas intemperizadas de montanhas menores ao leste do Deserto de Mojave. Aproximadamente 200 amostras foram coletadas de poços públicos, domésticos e de observação, onde foram analisadas para Cr total dissolvido e Cr (VI). No estudo, os valores de Cr total dissolvido variaram de menos do limite de detecção de 0,1 µg/l até 60µg/l e quase todo o Cr presente era Cr(VI). Foi observado que a concentração de Cr(VI) era diretamente proporcional à quantidade de O₂ dissolvido e aos valores de pH. As maiores concentrações de Cr(VI) na água subterrânea estavam associadas aos depósitos aluviais em leque Sheep Creek, resultantes do intemperismo de rochas máficas das montanhas San Gabriel.

Robertson (1991) definiu que o cromo hexavalente é um constituinte que ocorre naturalmente na água subterrânea de bacias por toda parte central e oeste do Arizona. Cinco por cento de 436 amostras continham concentrações de Cr(VI) acima do limite de potabilidade (50 µg/l). A ocorrência e magnitude estão associadas com o tipo de rocha-

fonte e com áreas da bacia que contém águas subterrâneas antigas, oxidadas e com pH elevado. As maiores concentrações ocorrem mais frequentemente nas bacias rodeadas por rochas vulcânicas, particularmente as de composição intermediária. As bacias que contém as maiores concentrações são aquelas que recebem menos recarga, ou seja, águas de longo tempo de residência. Cr(VI) correlaciona-se dentro da área de estudo com pH, flúor, vanádio e urânio. A correlação com flúor pode ser efeito indireto de um controle de troca dependente de pH-flúor. A correlação com vanádio e urânio pode ser devido à sua similaridade geoquímica. Vanádio e urânio, assim como o cromo, são oxidados ao seu mais alto e solúvel estado de oxidação. Pelo fato da solubilidade do cromo estar relacionada ao pH e o potencial redox da água subterrânea, a solubilidade das espécies foi examinada termodinamicamente por medidas de Eh-pH. A origem do Cr(VI) é proveniente da oxidação do Cr(III) de dentro da bacia, já que os potenciais medidos usando-se um eletrodo de platina e os valores de pH deram solubilidades de equilíbrio parecidas com as observadas. O Cr(VI) aparenta estar em equilíbrio com o oxihidróxido de Cr(III).

3.4. Características da Área de Estudo

3.4.1. Aspectos Fisioclimáticos

O município de Urânia está localizado no Planalto Ocidental Paulista (ROSS & MOROZ 1997), unidade esta que se caracteriza por vales pouco profundos com encostas de inclinações suaves (10 a 20%), proporcionando um relevo ligeiramente ondulado sob a forma de colinas amplas e baixas, com topos aplainados. Possui altimetria variando entre 300m e 900m

Segundo a classificação climática de Koeppen baseada em dados mensais pluviométricos e termométricos, o estado de São Paulo abrange sete tipos climáticos distintos, a maioria correspondente a clima úmido. As regiões a Noroeste, mais quentes, pertencem ao tipo **Aw**, tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono.

Na região noroeste do Estado de São Paulo a precipitação média anual é de 1271mm, o qual é distribuída de forma desigual, com as maiores precipitações ocorrendo no período chuvoso de Dezembro a Março. Períodos secos ocorrem de Abril a Novembro, quando a evapotranspiração potencial é mais alta que a precipitação

Do ponto de vista hidrográfico, o Rio Grande é o principal rio da região noroeste do estado de São Paulo e é também o principal marco divisor dos territórios de São Paulo e Minas Gerais, nascendo na Serra Mantiqueira em Bocaina de Minas, percorre 1.300km até encontrar o Rio Paranaíba, formando o Rio Paraná que percorre a região a Oeste. Um dos principais afluentes do Rio Paraná é o Rio Tiete que nasce em Salesópolis na Serra do Mar e tem sua foz no Rio Paraná, no município de Itapura, divisa com o Mato Grosso do Sul atravessando a região em sua porção Sul juntamente com o Rio São José dos Dourados.

3.4.2. Geologia da Área de Estudo

A área onde foi desenvolvido o trabalho está localizada na região noroeste do Estado de São Paulo. Nesta área afloram os sedimentos da Formação Adamantina do Grupo Bauru (Cretáceo Superior), que recobrem os basaltos da Formação Serra Geral do Grupo São Bento (Juro-Cretáceo).

O Grupo Bauru é do Cretáceo Superior e aflora em grande parte do Estado de São Paulo, recobrando as lavas basálticas do Planalto Ocidental. Adotou-se, neste trabalho, a seqüência estratigráfica descrita no mapa geológico do Estado de São Paulo, escala 1:500.000, (IPT,1981) que subdivide o Grupo Bauru nas formações Caiuá, Santo Anastácio, Adamantina e Marília.

Soares et al (1980) definiu a Formação Adamantina como um conjunto de fácies compostos por bancos de arenito, portanto estratificação cruzada, intercalados a bancos de lamito, siltitos e arenitos lamíticos, sendo que o conjunto foi depositado em ambiente continental fluvial. Nesta proposta o referido autor justificou, ainda, a manutenção de denominações regionais, como São José do Rio Preto, Taciba e Ubirajara, em razão da diversidade litofaciológica da unidade. Fernandes (1998), em sua proposta de subdivisão estratigráfica dos sedimentos cretáceos suprabasálticos, sugere o abandono do nome Adamantina e a fragmentação da unidade nas formações Vale do Rio do Peixe, São José do Rio Preto e Presidente Prudente.

Paula e Silva (2003) retoma a designação Adamantina por entender que a característica principal dessa unidade é a variabilidade litofaciológica lateral e vertical.

A Formação Adamantina, em subsuperfície, caracteriza-se pela presença de arenitos avermelhados a acastanhados, finos a muito finos, argilosos, algo a carbonáticos, quartzosos, intercalados com camadas de lamitos marrom a avermelhado, arenoso, carbonático (Paula e Silva *et al.* 1994). Em termos paleoambientais, esta sucessão poderia corresponder à sedimentação fluvial promovida por rios meandrantos em processo de assoreamento da bacia (Paula e Silva, 2003).

A Formação Adamantina aflora de modo generalizado em praticamente toda a área de ocorrência do grupo Bauru, estando recoberta apenas parcialmente pela Formação Marília no compartimento centro-oriental da bacia (Paula e Silva, 1994 - figura 2).

Em subsuperfície suas características litológicas são similares às observadas em afloramentos e foram descritas por Paula e Silva et al. (1994). Em perfurações de poços, esta unidade registrou maiores espessuras nas cidades de Mirassol (187 metros), Catanduva (170 metros) e Neves Paulista (150 metros).

O contato inferior da Formação Adamantina é discordante com os basaltos da Formação Serra Geral e com a Formação Santo Anastácio, e concordante interdigitado, localmente erosivo, com a Formação Araçatuba. O contato superior é concordante interdigitado a abrupto com a Formação Marília (Paula e Silva *et al.*, 2003).

Coimbra (1976) indica como área fonte os sedimentos fanerozóicos preexistentes a noroeste e sudeste, áreas de rochas básicas do Grupo São Bento, metamórficas dos Grupos Araxá e Canastra e alcalinas do Triângulo Mineiro a nordeste.

A Bacia Bauru na concepção de Fernandes (1992), Fernandes & Coimbra (1992, 1996) e Coimbra & Fernandes (1994) (apud Riccomini, 1997) compreende seqüência sedimentar única (com rochas vulcânicas subordinadas), constituídas por depósitos continentais essencialmente arenosos. Segundo esses autores, essa seqüência é dividida em dois grupos cronocorrelatos, Caiuá e Bauru, representativos de um mesmo ambiente, sob clima quente, semi-árido nas bordas e desértico para o interior da bacia. O Grupo Caiuá localiza-se na porção central da Bacia Bauru e compreende os depósitos arenosos interiores de *sand sea* da formação Rio Paraná, de periferia da Formação Goio Êre (ausente em São Paulo) e lençóis de areia e extradunas da Formação Santo Anastácio. Rumo as bordas leste e norte da bacia ocorre o Grupo Bauru, com os depósitos arenosos de sistema fluvial entrelaçado com lagos subordinados das formações Adamantina e Uberaba (esta com contribuição vulcânica e ausente no estado de São Paulo) e os leques aluviais rudáceos marginais da Formação Marília; estes últimos, no estado de São Paulo, mostram indicações de paleocorrentes predominantes para oeste e noroeste, indicando aporte de terras altas situadas a leste e sudeste da bacia. As rochas efusivas intercaladas da Formação Adamantina, presentes ao longo do alinhamento do Rio Moji-Guaçu, apresentam nítido caráter alcalino e são ricas em analcima, tendo sido reunidas por Fernandes & Coimbra (1996) na unidade designada de Analcimitos Taiúva. A figura 3 mostra a área de distribuição das unidades do Grupo Bauru, na Bacia do Paraná.

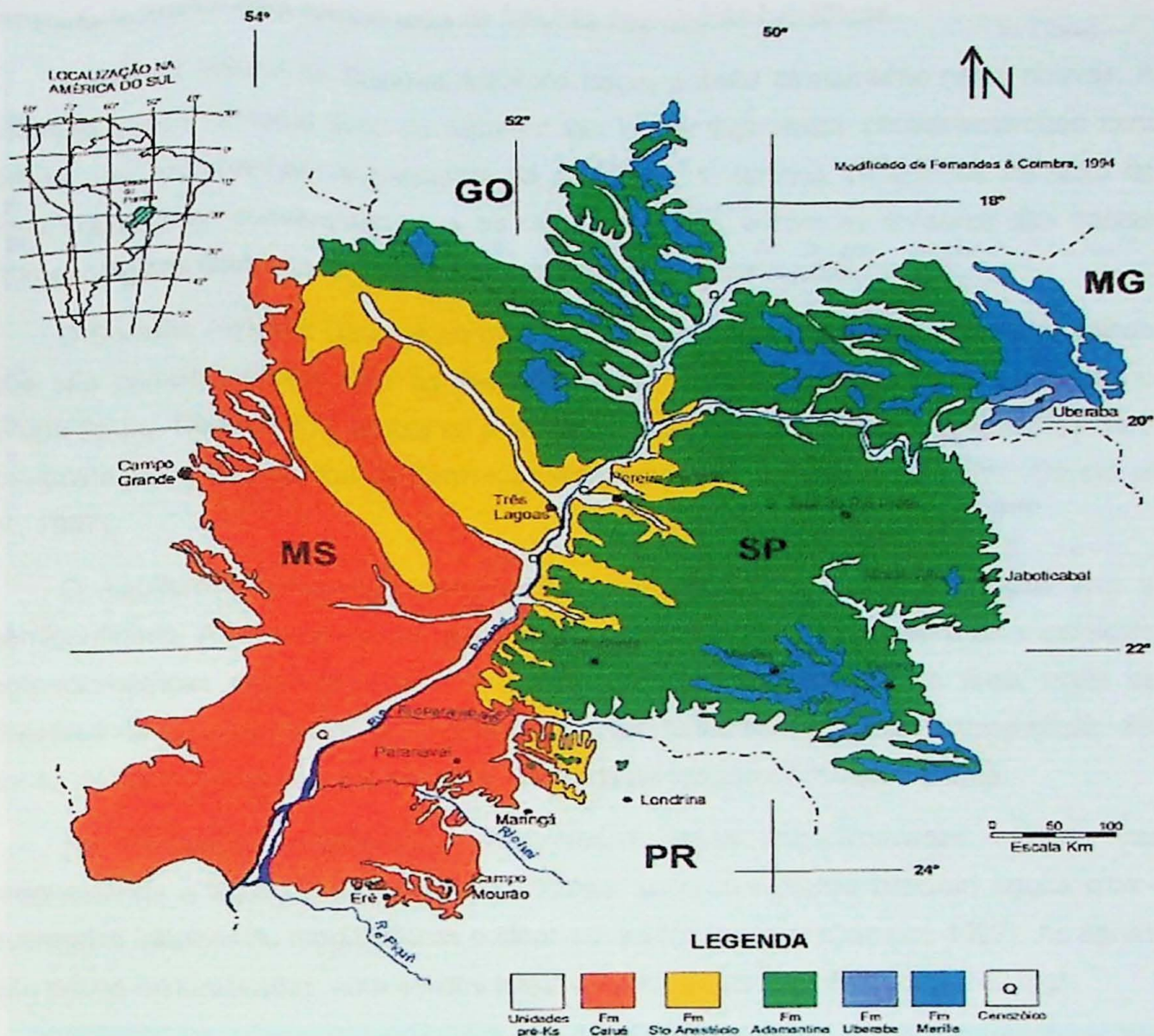


Figura 3 – Área de ocorrência das unidades suprabasálticas cretáceas na Bacia do Paraná (Modificado de Fernandes & Coimbra, 1994).

3.4.3. Hidrogeologia e Hidrogeoquímica

A região encontra-se no contexto hidrogeológico do Sistema Aquífero Bauru, que se relaciona com as rochas do Grupo Bauru e ocupa uma área de cerca de 40% do território do Estado de São Paulo. O Sistema Aquífero Bauru é regionalmente do tipo livre, localmente semi-confinado, com espessura saturada média de 100 m e podendo chegar até 250 m, tendo as rochas basálticas da Formação Serra Geral como o seu divisor inferior (DAEE, 1976 e 1988).

O sistema aquífero Serra Geral formado por derrames basálticos e rochas intrusivas é regionalmente do tipo livre a semi-confinado bastante heterogêneo, sua espessura média aumenta de leste para oeste e diferente do sistema Aquífero Bauru a sua

capacidade hídrica está relacionada às fraturas nas rochas basálticas.

A recarga natural do Sistema Aquífero Bauru é dada diretamente pelas chuvas. A natureza essencialmente livre do aquífero faz surgir superfícies potenciométricas com formas que acompanham a geometria da superfície do terreno, com linhas de fluxo de água subterrânea convergindo para as calhas dos rios, e com os divisores das bacias hidrogeológicas coincidindo com os divisores das bacias hidrográficas.

O Sistema Aquífero Bauru é normalmente subdividido em unidades hidrogeológicas que são correlacionadas com as respectivas formações geológicas que compõem o Grupo Bauru. Desta forma, atribui-se o nome de Aquífero Adamantina à unidade aquífera composta pelos sedimentos da Formação Adamantina de Soares *et al.* (1980) (Hirata *et al.*, 1997).

O Aquífero Adamantina possui extensão regional e tem comportamento livre a semiconfinado. A recarga ocorre naturalmente pela infiltração da chuva e as superfícies potenciométricas são fortemente influenciadas pela geomorfologia da área, onde os divisores de água subterrânea coincidem com os divisores das bacias hidrográficas. As linhas de fluxo convergem para os rios, tendo desta forma um caráter efluente.

Na Formação Adamantina predominam águas bicarbonatadas cálcicas ou magnesianas e águas bicarbonatadas sódicas; secundariamente ocorrem águas cloro-sulfatadas cálcicas ou magnesianas e cloro-sulfatadas sódicas (Campos 1987). As águas são pouco mineralizadas, com sólidos totais dissolvidos (STD) inferiores a 240 mg/l.

Quanto à qualidade da água do Sistema Aquífero Bauru, um dos primeiros estudos sobre a hidrogeoquímica foi realizado por Taltasse (1968). O autor distinguiu duas fácies hidrogeoquímicas para os arenitos cretáceos do Bauru: a das águas bicarbonatadas cálcicas e a das águas bicarbonatadas magnesianas.

DAEE (1976), estudando a região de Bauru, São José do Rio Preto, Araçatuba, Presidente Prudente e Marília, identificou dois grupos hidrogeoquímicos principais: $rCa > rMg > rNa$ e $rHCO_3 > rCl$, para as águas pertencentes ao Bauru Superior e $rNa > rCa > rMg$ e $rHCO_3 > rCl$, refletindo um enriquecimento em sódio, provenientes de um aquífero mais profundo. As águas do primeiro grupo são classificadas como bicarbonatadas cálcicas, secundariamente magnesianas ou sódicas e as do segundo grupo, bicarbonatadas sódicas, secundariamente cálcicas. Estas características também foram observadas por Rocha *et al.* (1982) e Campos (1987 e 1993).

Este último autor indica que o carbonato de cálcio (calcrete) e os argilo-minerais, constituintes do cimento das litofácies, devem ser as principais fontes de enriquecimento iônico do meio aquífero.

No estudo da bacia do rio São José dos Dourados, realizado por Mezzalana *et al.* (1979), foram analisados $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^3\text{H}$, D, P, Cl, Mg, NH_4 e NO_3 . A conclusão destes autores foi de que as águas não apresentam fortes sinais de evaporação durante a recarga, o que indica um sistema de rápida infiltração e de alta condutividade hidráulica.

Rocha *et al.* (1982) sugerem um zoneamento hidrogeoquímico do Sistema Aquífero 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 cálcica-magnesianas. Nesta progressão, a ocorrência de águas bicarbonatadas sódicas no extremo sudoeste sugere uma evolução hidrogeoquímica no sentido $\text{Ca} \rightarrow \text{Mg} \rightarrow \text{Na}$, de montante para jusante dos principais rios interiores que percolam o Grupo Bauru.

Segundo Campos (1987 e 1993), as águas do Sistema Aquífero 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 (com exceção da Formação Caiuá) parece contribuir significativamente para a predominância destes íons maiores. O carbonato de cálcio (calcrete) e os argilo-minerais, constituintes do cimento das litofácies, devem ser as principais fontes de enriquecimento iônico do meio aquífero.

Almodovar (1995) constatou a ocorrência de concentrações anômalas e acima dos limites de potabilidade de cromo na água subterrânea do Sistema Aquífero Bauru em vários municípios do noroeste paulista (figura 4). Almodovar (2000), continuando esta investigação, realizou um estudo de maior detalhe em Urânia a fim de identificar as causas da origem do cromo na água subterrânea naquele município. Como resultado, identificou que a origem do cromo é natural e não está ligada a nenhum evento de poluição de origem antrópica, que os sedimentos apresentam elevadas concentrações do elemento em relação a outros contextos geológicos e que as águas de circulação mais profunda e de maior tempo de trânsito no aquífero são aquelas que apresentam as maiores concentrações de cromo.

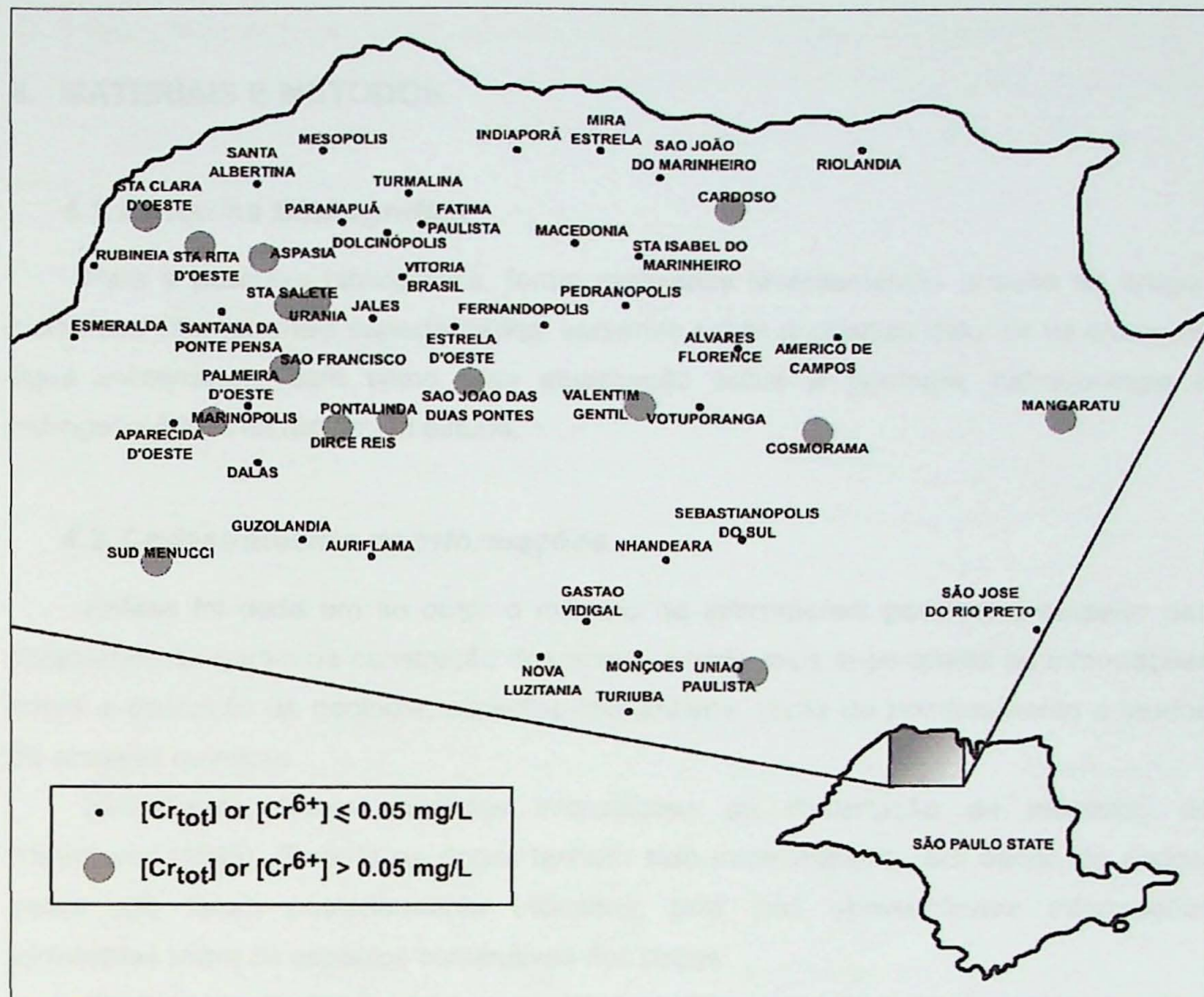


Figura 4 – Mapa regional com as concentrações de cromo total e cromo hexavalente obtidos nas águas subterrâneas da área de estudo (Modificado de Almodovar, 1995).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Pesquisa Bibliográfica

Para a pesquisa bibliográfica, foram realizados levantamentos através de artigos científicos internacionais especializados, versando sobre anomalias naturais de cromo na água subterrânea, bem como uma atualização sobre a geologia, hidrogeologia e hidrogeoquímica da região em estudo.

4.2. Cadastramento de Informações

Ênfase foi dada em se obter o máximo de informações possível a respeito das características gerais da construção dos poços, sendo mais importantes as informações sobre a descrição da geologia, aspectos construtivos, taxas de bombeamento e laudos de análises químicas.

Inicialmente, foram coletadas informações da dissertação de mestrado de Almodovar (1995). Embora os dados tenham sido informatizados em banco de dados, estes não foram posteriormente utilizados, pois não apresentavam informações detalhadas sobre os aspectos construtivos dos poços.

Posteriormente, foram obtidos os cadastros de poços tubulares da região, contidas no site do DAEE, que também não foram utilizadas no projeto devido ao pouco volume de informações disponíveis.

Finalmente, com a disponibilidade dos dados cedidos pela SABESP na primeira quinzena de Maio de 2007, foi possível iniciar o levantamento cadastral de um total de 367 poços operados pela companhia, abrangendo um total de 84 municípios (tabela 1). Os documentos escaneados de todos os poços foram disponibilizados em DVD, com um volume de informações de 4Gb.

Grande parte do trabalho realizado ao longo do primeiro semestre correspondeu à criação de um banco de dados em Excel a partir das informações contidas nos documentos de cada poço, disponibilizadas pela SABESP.

As seguintes informações foram cadastradas no banco de dados: nome do município, coordenadas UTM, cota altimétrica, data de construção, profundidade do poço, vazão, nível estático, nível dinâmico, capacidade específica, nome da empresa perfuradora, formações geológicas atravessadas, diâmetros e profundidades das perfurações, profundidade do tubo de boca, profundidade da cimentação, diâmetros e profundidades de instalação de revestimentos e filtros e, por fim, informações sobre análises químicas.

Dado o grande volume de informações disponibilizadas pela SABESP, suficientes para a realização deste projeto, não se fez necessário o cadastramento de outros poços (de particulares e de empresas municipais de abastecimento, junto ao DAEE), tal como proposto no projeto inicial.

Tabela 1 – Municípios cadastrados (84 no total)

ADOLFO	EMBAÚBA	MARINÓPOLIS	PALMARES PTA.	SANTA ERNESTINA
ALTO ALEGRE	ESTRELA D'OESTE	MERIDIANO	PALMEIRA D'OESTE	SANTA SALETE
ALVARES FLORENCE	FERNANDO PRESTES	MESOPOLIS	PARANAPUA	SANTANA DA PONTE PENZA
APARECIDA D'OESTE	FERNANDOPOLIS	MIRA ESTRELA	PEDRANOPOLIS	SAO FRANCISCO
ASPASIA	FLOREAL	MONCÕES	PIRATININGA	SAO JOAO DAS DUAS PONTES
AURIFLAMA	GASTAO VIDIGAL	MONTE ALTO	PLANALTO	SEBASTIANOPOLIS DO SUL
AVAI	GENERAL SALGADO	MONTE APRAZIVEL	POLONI	SUD MENUCCI
BALBINOS	GUARANI D'OESTE	NHANDEARA	PONGAI	TRES FRONTEIRAS
BENTO DE ABREU	GUZOLANDIA	NIPOA	PONTALINDA	TURIUBA
BREJO ALEGRE	IBIRÁ	NOVA CANAA PTA.	PONTES GESTAL	TURMALINA
CAJOBI	ICEM	NOVA GRANADA	POPULINA	UNIAO PAULISTA
CANDIDO RODRIGUES	INDIAPORA	NOVA LUSITANIA	PRESIDENTE ALVES	URANIA
CARDOSO	IRAPUÃ	NOVO HORIZONTE	RIOLANDIA	URU
CATIGUA	JALES	ONDA VERDE	RUBIACEA	VALENTIM GENTIL
COROADOS	LINS	ORINDIUIVA	RUBINEIA	VITORIA BRASIL
DIRCE REIS	LOURDES	OSVALDO CRUZ	SANTA ALBERTINA	ZACARIAS
DOLCINOPOLIS	MACEDÔNIA	OUROESTE	SANTA CLARA D'OESTE	

4.3. Sistematização, tratamento e interpretação dos dados

Inicialmente havia sido planejada a compilação de dados provenientes de diversos órgãos, sendo estes o DAEE, IPT e a SABESP.

Em uma fase de avaliação preliminar dos dados existentes, todas as fontes foram contatadas e os respectivos dados devidamente analisados, entretanto constatou-se que apenas o cadastro da SABESP fazia-se pertinente ao escopo do projeto, apresentando informações completas e com abrangente número de cadastros na área de interesse.

Com o cadastro finalizado, observou-se que na maior parte dos poços, as informações levantadas apresentavam-se com pouco detalhe a respeito do contexto geológico da área. Entretanto em uma pequena parcela dos mesmos havia descrições litológicas completas e precisas, apresentando inclusive perfilagem geofísica da área.

Com exceção das informações detalhadas da geologia da perfuração, as demais informações são completas, havendo, porém, casos em que dados básicos não são disponíveis. Como são várias as empresas perfuradoras, há diversas formas de emissão

de relatório técnico, uns estando mais completos que outros. Os laudos de análises químicas datam da construção do poço, estando estes desatualizados.

Pelos motivos citados acima, o extenso cadastro não foi utilizado em sua totalidade, tendo sido necessário excluir alguns poços para o tratamento estatístico dos dados.

A interpretação dos dados se deu procurando mostrar correlações entre a ocorrência de cromo e outros parâmetros tais como: profundidade do poço, espessura do sedimento, cota da superfície, cota do nível estático, cota do nível dinâmico, profundidade e cota do topo e da base dos filtros, vazão, capacidade específica e demais parâmetros químicos.

Também foi realizado um tratamento de dados mais detalhado, mostrando a relação das características geológicas com a ocorrência do cromo, com isto podendo chegar a conclusões mais precisas.

5. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

5.1. Dificuldades encontradas

Como dificuldades na execução do projeto, vale mencionar que as atividades de cadastramento iniciaram-se efetivamente a partir da primeira quinzena de maio, quando a SABESP disponibilizou as informações cadastrais dos seus poços tubulares profundos. Os meses de março e abril foram utilizados em contatos com o DAEE, IPT e SABESP, no sentido de viabilizar a disponibilização das informações necessárias.

Felizmente, considerou-se que as informações disponibilizadas pela SABESP apresentavam-se em volume e qualidade suficientes para a condução dos trabalhos do projeto, não havendo a necessidade de se obter dados complementares junto ao DAEE e IPT.

A SABESP possui uma extensa base de dados de operação dos poços de bombeamento cadastrados, contendo informações históricas sobre análises químicas e de taxas de bombeamento dos poços. Pretendia-se obter tais informações, que se encontram em poder da companhia em Lins, porém a SABESP não disponibilizou os dados pois preferiu manter as informações sob sigilo. Neste caso, não foi possível cumprir com o item obtenção de dados utilizados, proposto no Relatório de Progresso, sendo assim os dados já cadastrados foram utilizados para este fim.

5.2. Cronograma das atividades efetivamente realizadas

Para a realização do Trabalho de Formatura, foi realizado o seguinte cronograma conforme tabela abaixo.

Tabela 2 – Cronograma das atividades realizadas

Atividades	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
Pesquisa Bibliográfica									
Obtenção de dados – Fase 1									
Tratamento preliminar de dados									
Obtenção de dados – Fase 2									
Relatório Parcial									
Tratamento dos dados									
Redação Monografia									

6. RESULTADOS OBTIDOS

6.1. Características Construtivas dos Poços Cadastrados

Almodovar (1995) em estudo realizado na região identificou a ocorrência de cromo na água subterrânea de 47 municípios. Este projeto estende os estudos realizados pela autora para um total de 84 municípios, com 367 poços tubulares profundos cadastrados. Em 84% dos municípios cadastrados detectou-se a presença de cromo, com isso tornou-se possível representar uma área de ocorrência maior que a identificada inicialmente pela autora.

Para que as informações fossem tratadas tornou-se necessário fazer uma seleção dos poços e assim obter as correlações necessárias. A seleção seguiu o critério de existência de informações técnicas completas dos poços, como perfil geológico-construtivo, dados hidrodinâmicos e análise químicas. Do total de 367 poços cadastrados apenas 127 foram selecionados.

Os poços selecionados foram divididos em três grupos: poços tubulares profundos que captam água somente do aquífero sedimentar (Formação Adamantina) num total de 56 poços, poços tubulares profundos que captam água somente do aquífero cristalino (Formação Serra Geral) num total de 22 poços e poços tubulares profundos que captam água das duas formações, os chamados poços mistos, num total de 49 poços.

O poço perfurado em rocha sedimentar (figura 5) é o poço tubular construído em regiões cujo subsolo é composto de rochas sedimentares com porções permeáveis que favorecem a formação de um aquífero. Neste poço são instalados filtros na altura dos arenitos produtores para captar a água que flui na formação. O trecho próximo à superfície é vedado para impedir a captação do aquífero freático raso, reduzindo os riscos de contaminação.

A profundidade média dos poços tubulares perfurados na região (Formação Adamantina) é de 121 metros, variando de 40 a 211 metros de profundidade. Em média, a cimentação sanitária desses poços atingem profundidades de 12 metros, com diâmetro de revestimento variando de 12" a 18" de diâmetro. A colocação das seções filtrantes é em média de 48 metros de profundidade, com filtros variando de 6" a 8" de diâmetro e comprimento médio de 5 metros. A base das seções filtrantes está em média a 106 metros de profundidade.

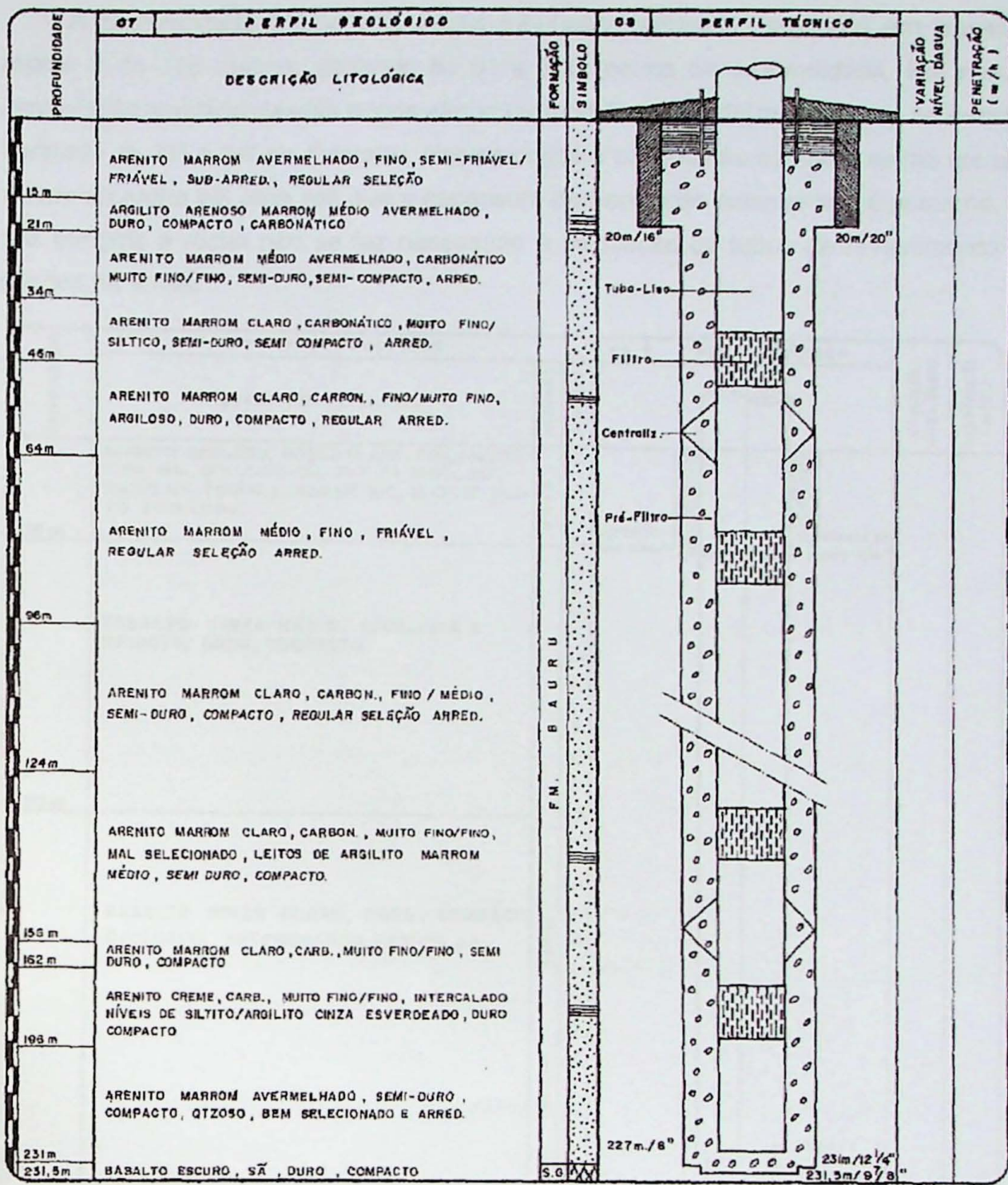


Figura 5: Características construtivas de um poço tubular profundo perfurado em rocha sedimentar (representativo da região de estudo)

Os poços perfurados em basalto normalmente localizam-se em regiões onde a espessura dos sedimentos da Formação Adamantina é muito pequena ou inexistente. Estes poços (figura 6) captam a água que flui pelas fraturas ou fendas existentes na rocha. Para chegar na rocha, a perfuração atravessa a parte de sedimento e/ou manto de intemperismo, que é vedada para impedir infiltrações e eventuais contaminações.

A profundidade média dos poços tubulares perfurados somente em basalto na região é de 173 metros, variando de 61 a 300 metros de profundidade. Em média, a cimentação sanitária desses poços atinge profundidades de 16 metros, com revestimento variando de 12" a 14" de diâmetro. Nestes poços a cimentação sanitária se faz até atingir o topo da rocha sã, uma vez que a espessura da Formação Adamantina é pequena. Uma vez atingida a rocha não se faz necessária a colocação de tubos de revestimento e de seções filtrantes.

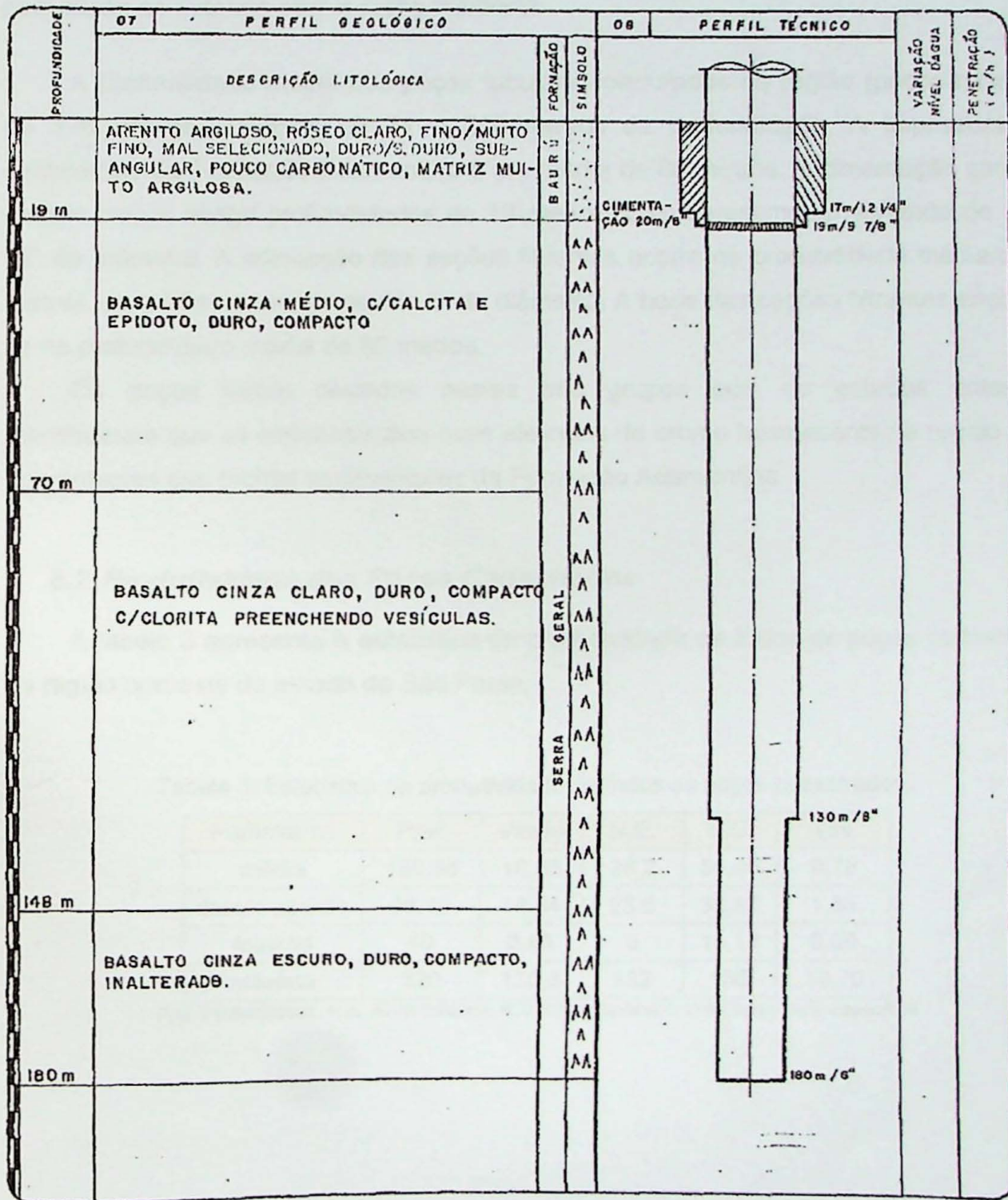


Figura 6: Características construtivas de um poço tubular profundo perfurado em rocha cristalina (representativo da área de estudo)

O poço tubular profundo construído para captar água nas duas formações, tanto no sedimento quanto na rocha, é chamado de poço misto (figura 7). Neste poço a perfuração ultrapassa o sedimento e continua até encontrar as fraturas condutoras de água na rocha. A parte sedimentar não é vedada, sendo revestida com tubos e filtros para o aproveitamento da água proveniente de arenitos favoráveis. Normalmente, os poços mistos são construídos em locais onde se prevê que as vazões provenientes somente do aquífero sedimentar não são suficientes para atender à demanda, motivo pelo qual a perfuração se estende para a rocha cristalina.

A profundidade média dos poços tubulares perfurados na região (poços mistos) é de 176 metros, variando de 71 a 300 metros de profundidade. A espessura dos sedimentos da Formação Adamantina é em média de 86 metros. A cimentação sanitária desses poços atinge profundidades de 18 metros, com revestimento variando de 12" a 22" de diâmetro. A colocação das seções filtrantes ocorre na profundidade média de 42 metros, com filtros variando de 6" a 8" de diâmetro. A base das seções filtrantes encontra-se na profundidade média de 85 metros.

Os poços foram divididos nestes três grupos pois os estudos anteriores identificaram que as concentrações mais elevadas de cromo hexavalente na região eram provenientes das rochas sedimentares da Formação Adamantina.

6.2. Produtividade dos Poços Cadastrados

A tabela 3 apresenta a estatística de produtividade de todos os poços cadastrados na região noroeste do estado de São Paulo.

Tabela 3: Estatística da produtividade de todos os poços cadastrados..

Parâmetros	Prof.	Vazão	N.E.	N.D.	Q/s
média	150.58	19,63	28,2	84,65	0,79
desvio padrão	49.12	18,84	23,6	33.43	1,65
mínimo	40	0,46	0	13,15	0,00
máximo	320	130,6	132	180	19,70

Prof.:Profundidade; N,E: Nivel Estático; N.D.:Nivel Dinâmico; Q/s:Capacidade Especifica

Formação Serra Geral. Os poços são todos revestidos com tubos lisos e filtros ao longo de toda a extensão da perfuração.

Abaixo estão relacionadas estatísticas de produtividade dos poços divididas em: poços tubulares profundos exclusivamente da Formação Adamantina (tabela 4), poços tubulares profundos exclusivamente da Formação Serra Geral (tabela 5) e poços tubulares profundos mistos (tabela 6).

Tabela 4: Estatística da produtividade dos poços tubulares exclusivamente da Formação Adamantina

Parâmetros	Prof.	Vazão	N.E.	N.D.	Q/s
média	121,65	13,28	24,41	78,86	0,39
desvio padrão	37,84	12,05	19,75	28,82	0,81
mínimo	40	1,48	2,18	23,26	0,02
máximo	211	66	88,8	135,92	5,67

Prof.:Profundidade; N,E: Nivel Estático; N.D.:Nível Dinâmico; Q/s:Capacidade Específica

Tabela 5: Estatística da produtividade dos poços tubulares exclusivamente da Formação Serra Geral.

Parâmetros	Prof.	Vazão	N.E.	N.D.	Q/s
média	176,22	18,25	24,05	92,88	0,71
desvio padrão	46,79	15,36	22,59	28,06	1,55
mínimo	71,86	0,46	0	21,64	0
máximo	300	69,23	105,8	160,21	11,34

Prof.:Profundidade; N,E: Nivel Estático; N.D.:Nível Dinâmico; Q/s:Capacidade Específica

Tabela 6: Estatística de produtividade dos poços tubulares profundos mistos.

Parâmetros	Prof.	Vazão	N.E.	N.D.	Q/s
média	173,15	33,15	19,12	72,83	1,28
desvio padrão	49,98	20,98	17,51	35,05	1,65
mínimo	61	1,99	0	18,18	0,04
máximo	300	72	62,2	145,17	5,74

Prof.:Profundidade; N,E: Nivel Estático; N.D.:Nível Dinâmico; Q/s:Capacidade Específica

Os poços que captam água do Aquífero Serra Geral são mais produtivos que os poços que captam água do aquífero Adamantina. Os poços da porção cristalina interceptam fraturas bastante produtivas do basalto, fazendo deste um aquífero até mais interessante de ser explorado na região. Os poços que captam água das duas formações chegam a ter produtividade maiores que o dobro dos poços que captam água somente do aquífero sedimentar.

6.3. Mapeamento da Distribuição do Cromo na Água Subterrânea

As concentrações de cromo variam de não detectado a 0,120 mg/L (no município de Urânia), sendo que, dos poços que apresentaram detecção, a concentração média é de 0,034 mg/L (tabela 7). Nem todos os poços cadastrados tinham a análise química completa. De um total de 367 poços, 194 apresentavam tal parâmetro. Destes apenas 31 não apresentaram alguma concentração de cromo, ou seja, 84% dos poços detectaram o elemento.

Tabela 7 – Estatística das análises de cromo pra todos os poços cadastrados

Parâmetros	CROMO
média	0,034
desvio padrão	0,022
mínimo	<0,005
máximo	0,120

As concentrações de cromo para poços perfurados somente na Formação Adamantina variam de 0,003 a 0,120 mg/L (no município de Urânia). A concentração média é de 0,028 mg/L (tabela 8).

As concentrações de cromo para poços perfurados somente na formação Serra Geral variam de 0,002 a 0,062 mg/L (no município de Santa Clara D'Oeste). A concentração média é de 0,02 mg/L (tabela 8)

O aparecimento de cromo em poços do Aquífero Serra Geral pode ter origem a partir da recarga por fluxos verticais descendentes provenientes do Aquífero Adamantina.

As concentrações de cromo nos poços perfurados nas duas formações (poços mistos) variam de 0,002 a 0,108 mg/L (no município de Urânia). A concentração média é de 0,03 mg/L (tabela 8).

O cromo foi observado, portanto, na água subterrânea dos poços que captam água tanto do Aquífero Adamantina como no Aquífero Serra Geral. Almodovar (1995) observou, entretanto, que as maiores concentrações de cromo eram encontradas em águas do Aquífero Adamantina.

Tabela 8 – Estatística das análises de cromo para cada grupo de poços selecionados

Parâmetros	CROMO		
	Bauru	Serra Geral	Misto
média	0,028	0,02	0,03
desvio padrão	0,026	0,019	0,025
mínimo	0,003	0,002	0,002
máximo	0,12	0,062	0,108

O mapa da figura 5 (Anexo 2) apresenta os municípios onde as concentrações de cromo foram detectadas em poços de produção. Os municípios com cores diferentes do branco são aqueles onde poços foram cadastrados neste trabalho apresentando análises de cromo disponíveis para a água subterrânea. Nota-se que não há um padrão definido para a distribuição do cromo no espaço e que mesmo os municípios que apresentam concentrações elevadas de cromo também apresentam poços que não detectam a ocorrência do elemento na água.

6.4. Correlações Estatísticas

Uma série de correlações estatísticas foi executada para cada conjunto de poços (Adamantina, Serra Geral e mistos) visando relacionar as concentrações de cromo com aspectos hidrogeológicos (cota de níveis d'água, cota da boca do poço, espessura de sedimentos), construtivos dos poços (profundidade, espessura de sedimentos atravessada e profundidade e cota de posicionamento de filtros), produtividade (vazão e capacidade específica) e ocorrência das demais espécies químicas.

6.4.1. Poços do Aquífero Adamantina

As figuras 6 a 17 relacionam as concentrações de cromo com uma série de variáveis, realizadas com os dados selecionados dos poços tubulares profundos que captam água somente do Aquífero Adamantina.

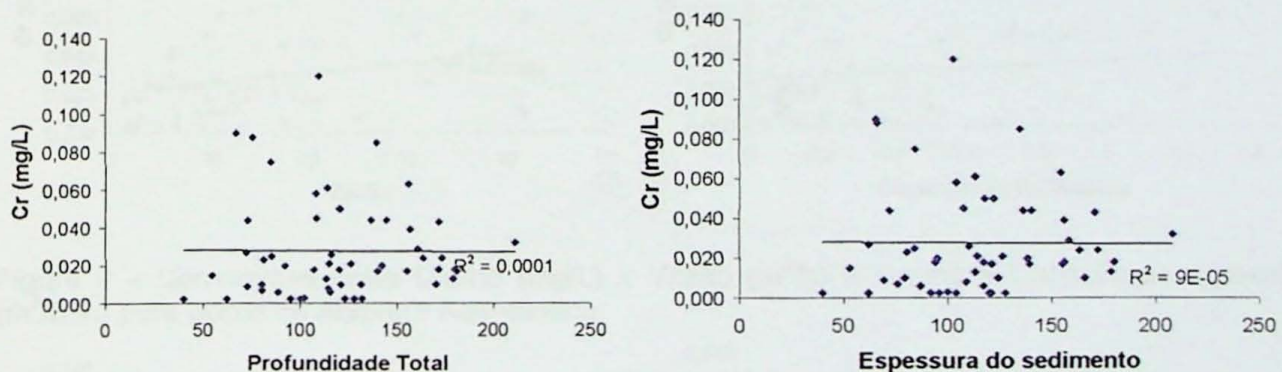


Figura 6 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Profundidade total (metros) e Cromo x Espessura do sedimento Grupo Bauru (metros) para poços do Aquífero Adamantina.

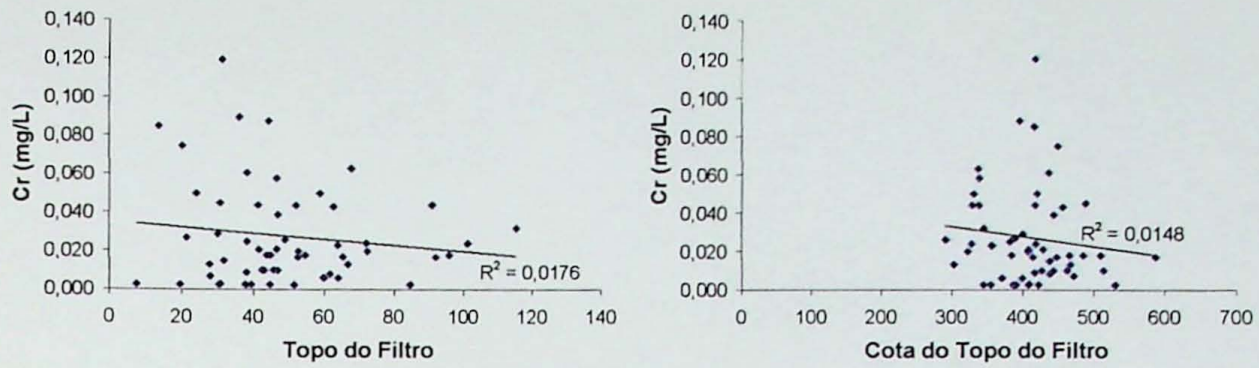


Figura 7– Correlações entre Cromo (mg/L) x Profundidade do Topo do Filtro (metros) e Cromo x Cota do Topo do Filtro (metros) para poços do Aquífero Adamantina.

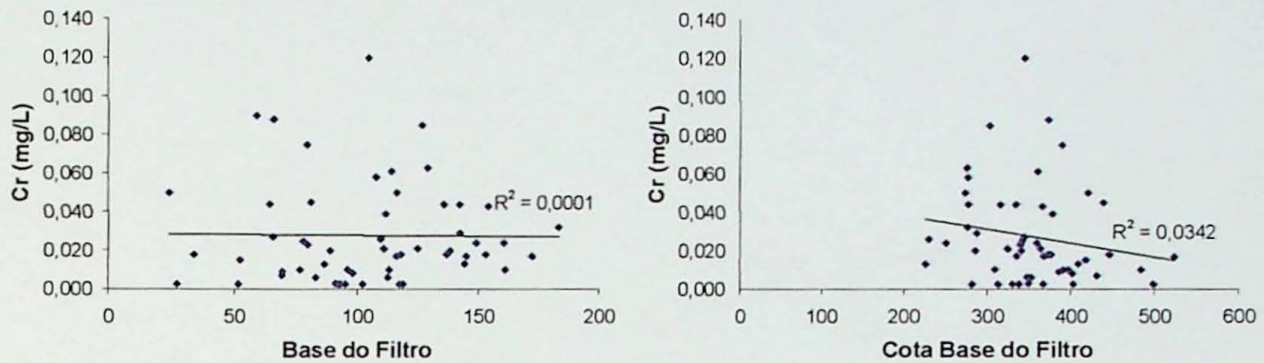


Figura 8 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Profundidade da Base do Filtro (metros) e Cromo x Cota da Base do Filtro (metros) para poços do Aquífero Adamantina.

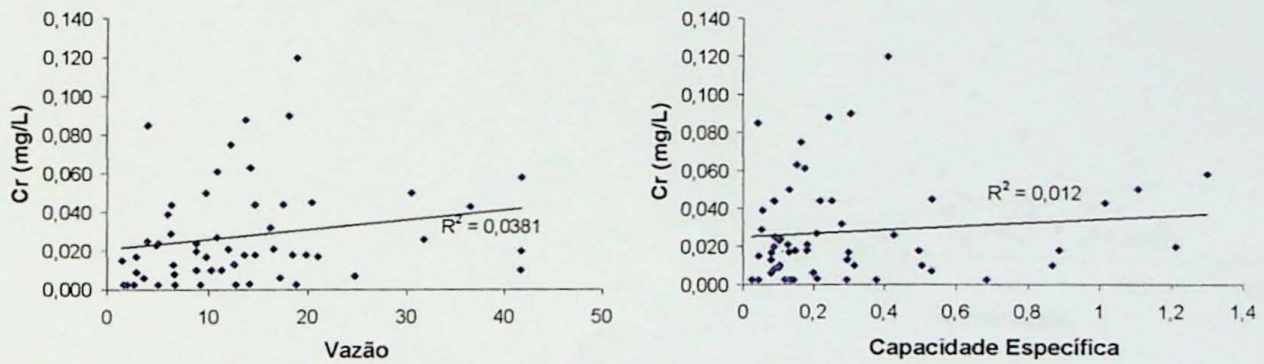


Figura 9 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Vazão (m^3/h) e Cromo x Capacidade específica ($m^3/h.m$) para poços do Aquífero Adamantina.

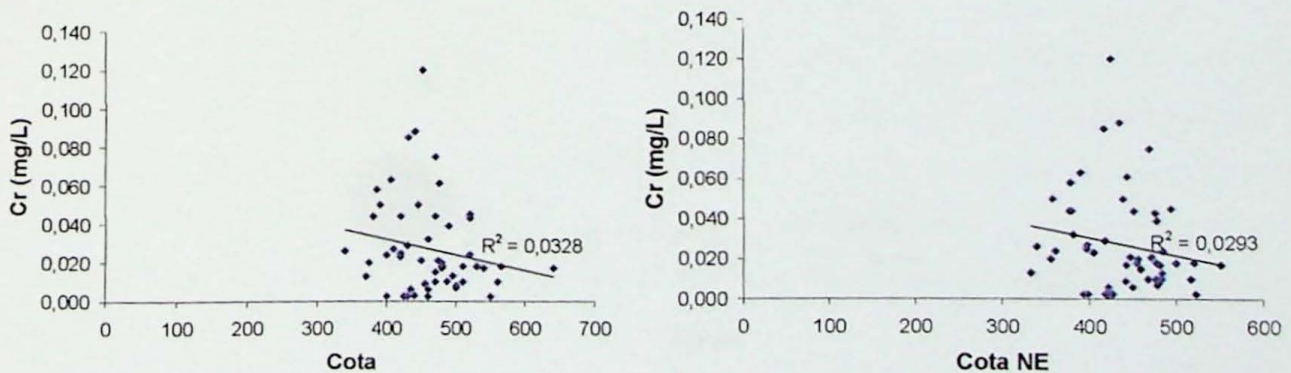


Figura 10 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Cota da Boca do Poço (metros) e Cromo x Cota Nível Estático (metros) para poços do Aquífero Adamantina.

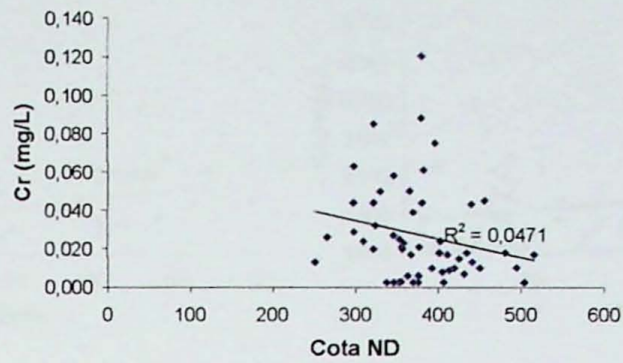


Figura 11 – Correlação entre Cromo (mg/L) x Nível Dinâmico (metros) para poços do Aquífero Adamantina.

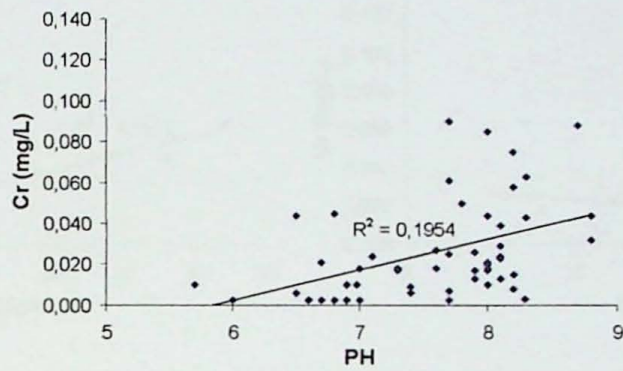


Figura 12 – Correlação entre Cromo (mg/L) x pH para poços do Aquífero Adamantina.

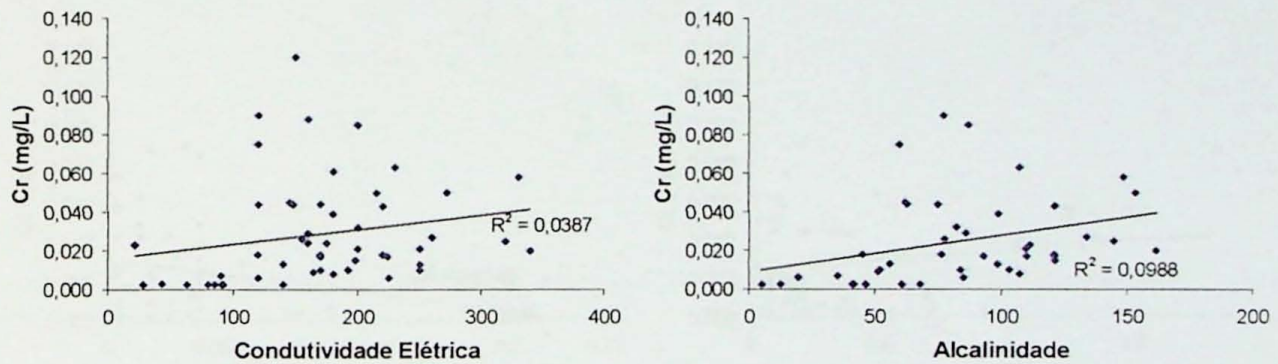


Figura 13 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Condutividade Elétrica e Cromo x Alcalinidade para poços do Aquífero Adamantina.

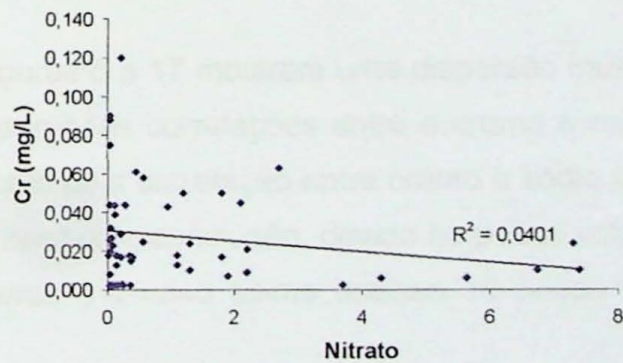


Figura 14 – Correlação entre Cromo (mg/L) x Nitrato para poços do Aquífero Adamantina.

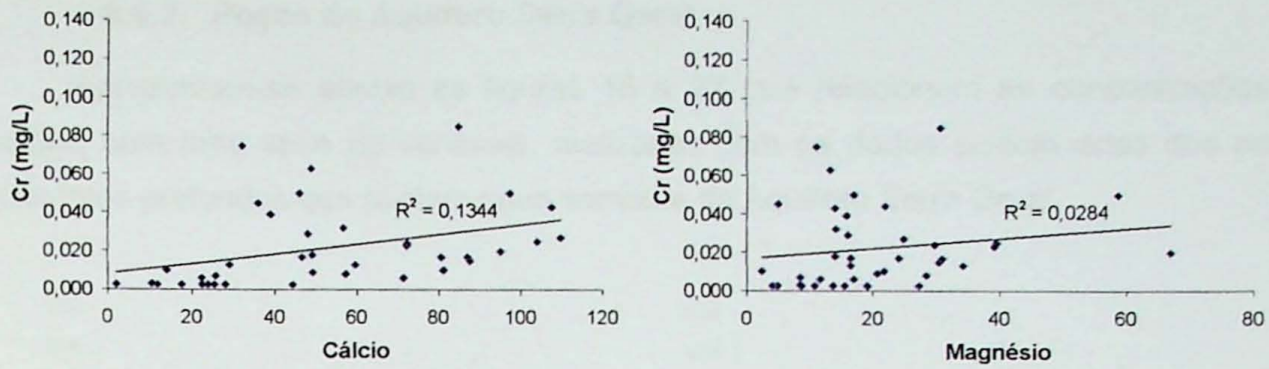


Figura 15 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Cálcio e Cromo x Magnésio para poços do Aquífero Adamantina.

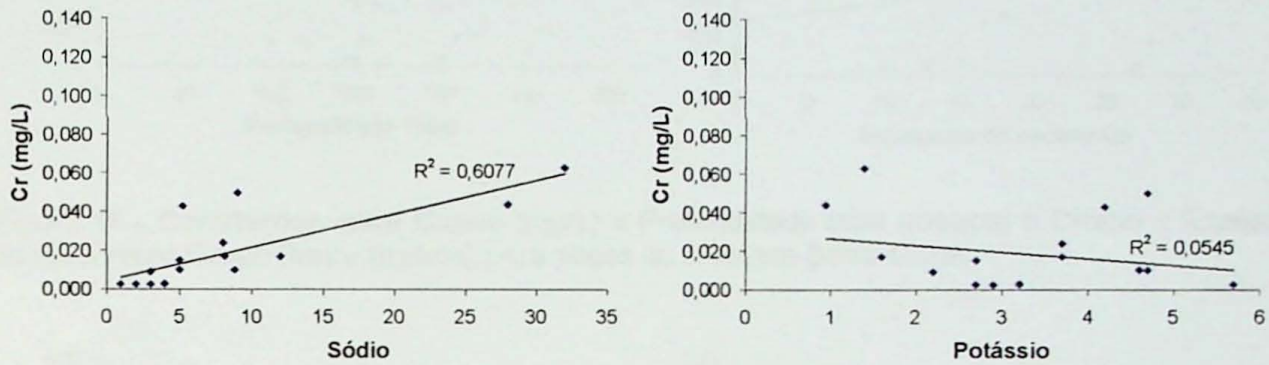


Figura 16 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Sódio e Cromo x Potássio para poços do Aquífero Adamantina.

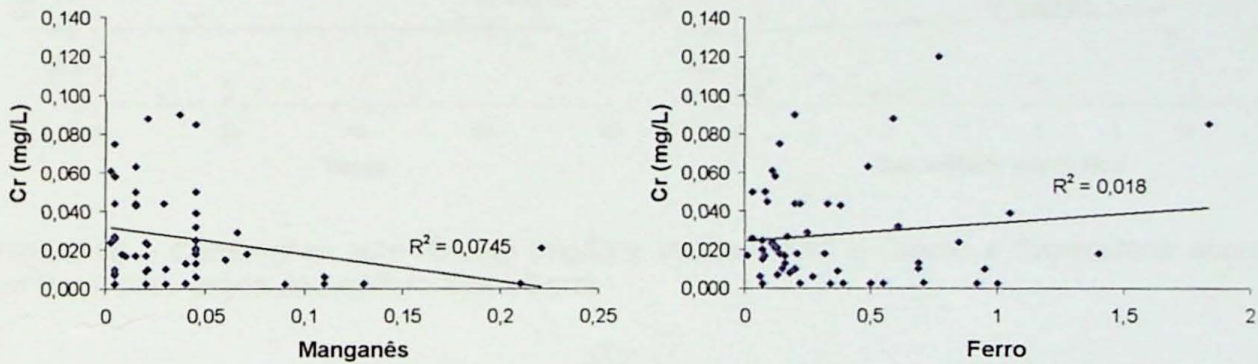


Figura 17– Correlações entre Cromo (mg/L) x Manganês e Cromo x.Ferro para poços do Aquífero Adamantina.

Os gráficos das figuras 6 a 17 mostram uma dispersão muito grande dos valores e, por isso, não foram observadas correlações entre o cromo e os demais parâmetros em nenhum dos casos, exceto pela correlação entre cromo e sódio (figura 15). Mesmo neste caso, não se pode tirar nenhuma conclusão, devido ao pouco volume de poços que tem o parâmetro sódio analisado (no caso acima apenas 15 poços tiveram esse parâmetro analisado).

6.4.2. Poços do Aquífero Serra Geral

Apresentam-se abaixo as figuras 18 a 27 que relacionam as concentrações de cromo com uma série de variáveis, realizadas com os dados selecionados dos poços tubulares profundos que captam água somente do Aquífero Serra Geral.

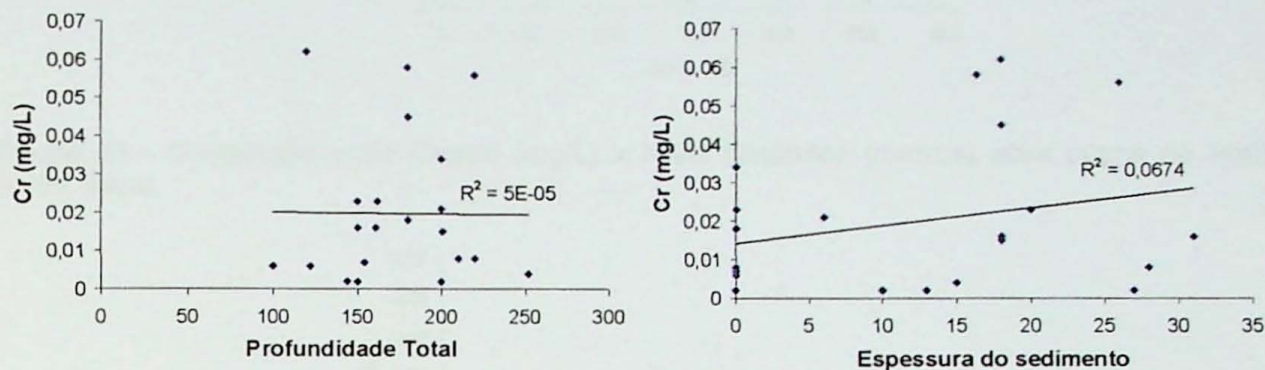


Figura 18 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Profundidade total (metros) e Cromo x Espessura do sedimento Grupo Bauru (metros) para poços do Aquífero Serra Geral.

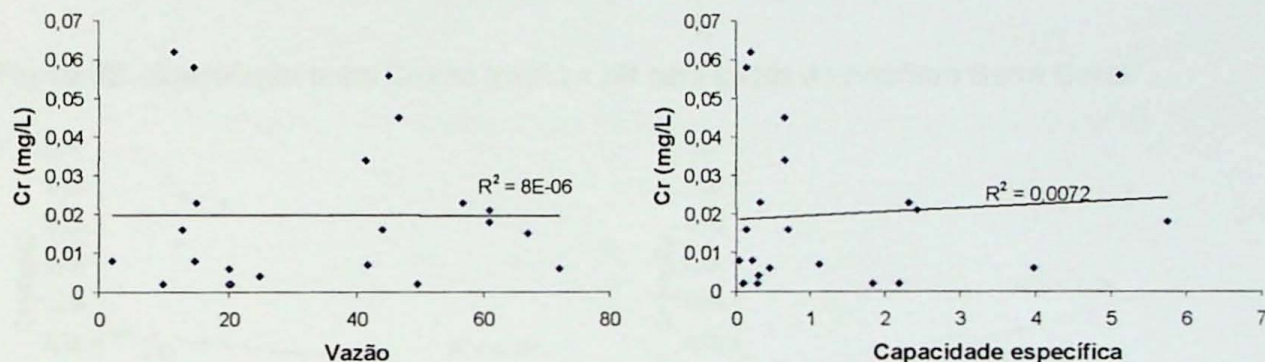


Figura 19 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Vazão (m^3/h) e Cromo x Capacidade específica ($m^3/h.m$) para poços do Aquífero Serra Geral.

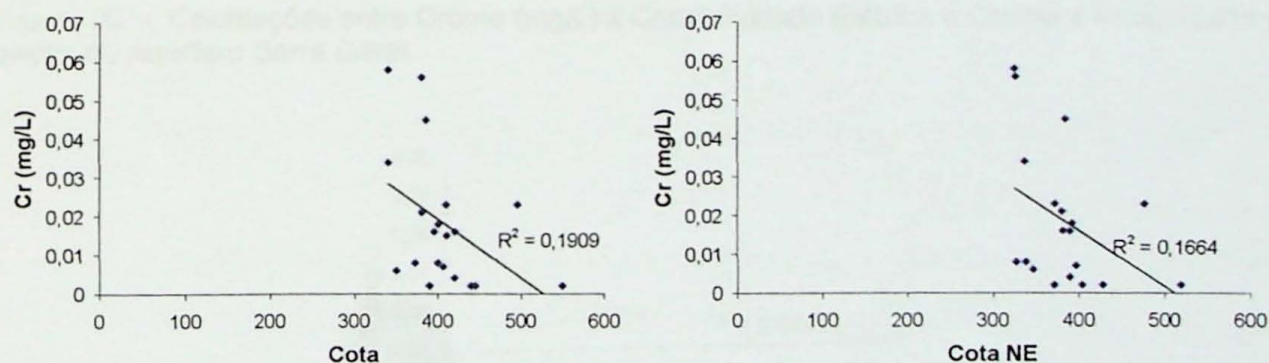


Figura 20 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Cota da Boca do Poço (metros) e Cromo x Cota Nível Estático (metros) para poços do Aquífero Serra Geral.

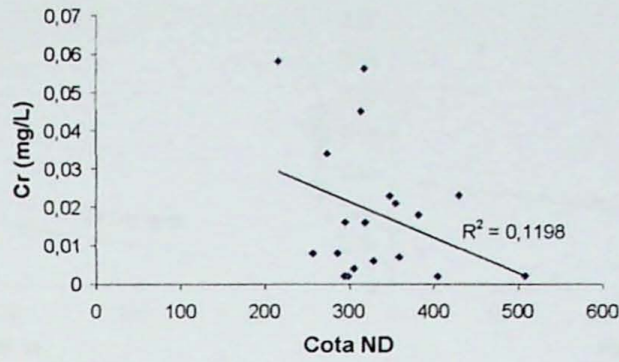


Figura 21 – Correlação entre Cromo (mg/L) x Nível Dinâmico (metros) para poços do Aquífero Serra Geral.

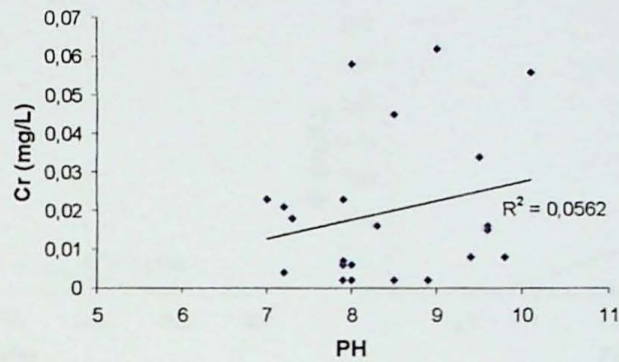


Figura 22 – Correlação entre Cromo (mg/L) x pH para poços do Aquífero Serra Geral.

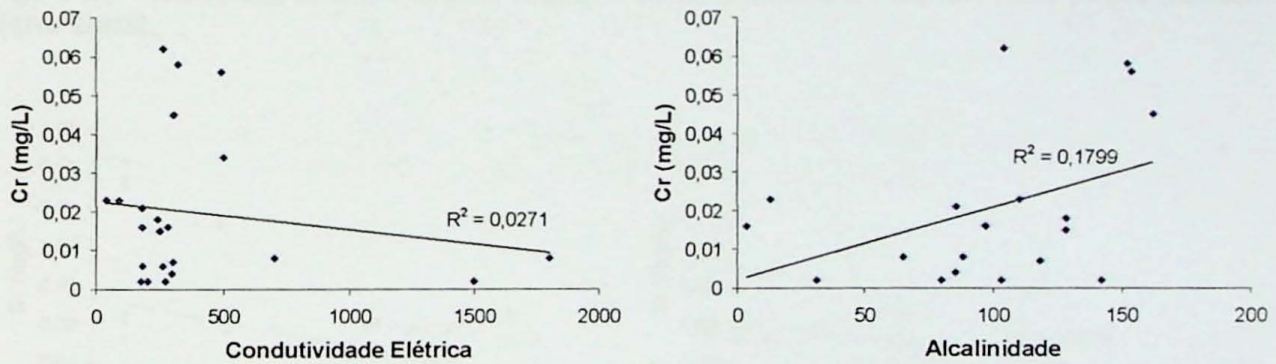


Figura 23 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Condutividade Elétrica e Cromo x Alcalinidade para poços do Aquífero Serra Geral.

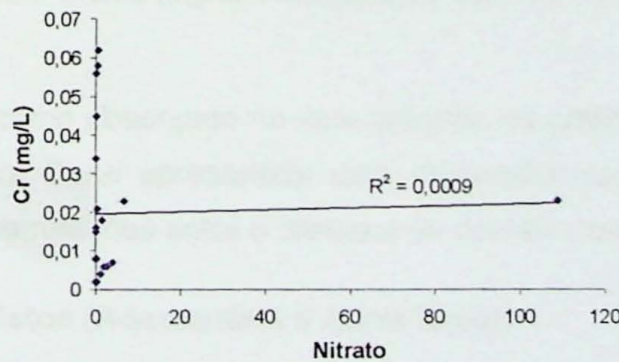


Figura 24 – Correlação entre Cromo (mg/L) x Nitrato para poços do Aquífero Serra Geral.

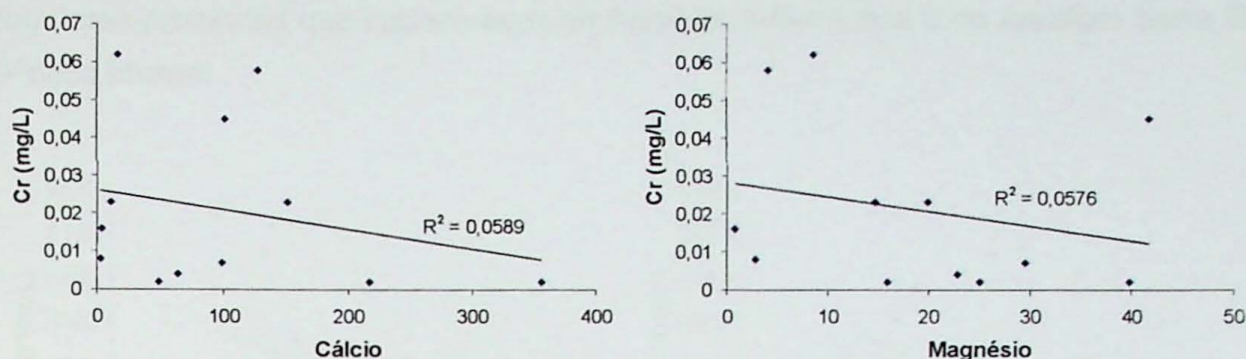


Figura 25 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Cálcio e Cromo x Magnésio para poços do Aquífero Serra Geral.

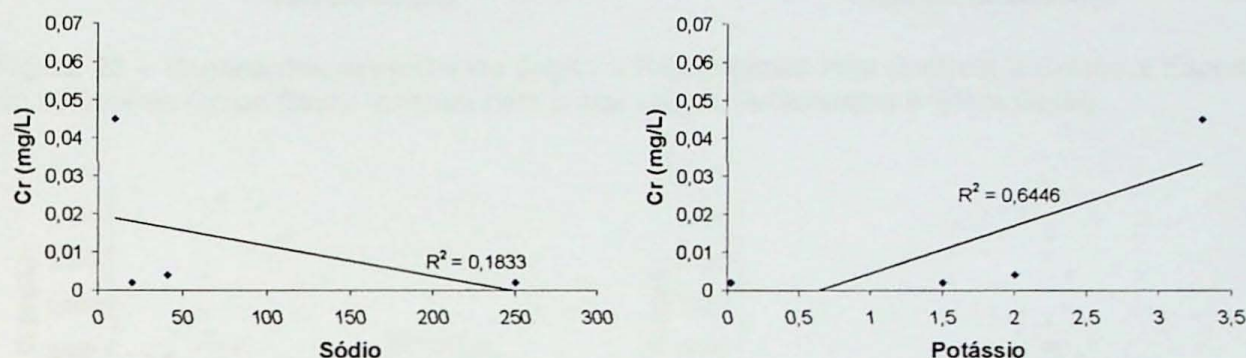


Figura 26 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Sódio e Cromo x Potássio para poços do Aquífero Serra Geral.

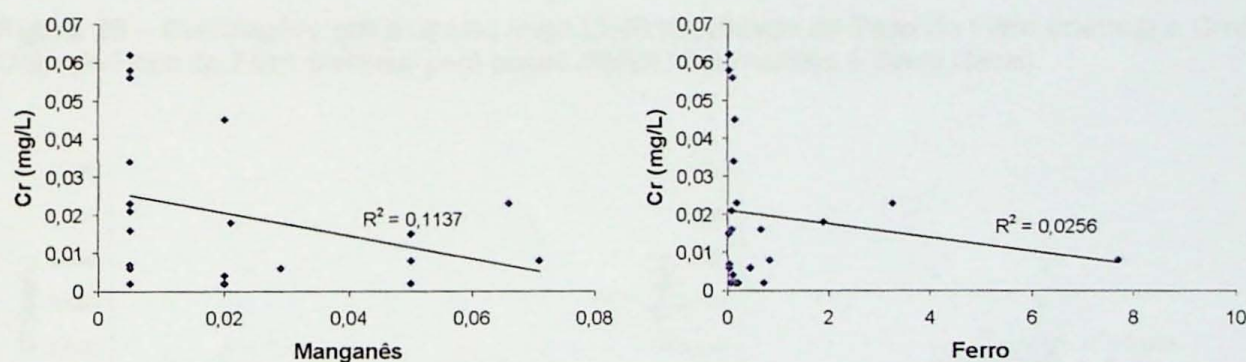


Figura 27 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Manganês e Cromo x Ferro para poços do Aquífero Serra Geral.

Da mesma forma como observado no item anterior, os gráficos que representam os poços do Aquífero Serra Geral apresentam uma dispersão muito elevada dos dados, indicando ausência de correlações entre o cromo e os demais parâmetros avaliados.

6.4.3. Poços Mistos (Adamantina e Serra Geral)

Apresentam-se abaixo as figuras 28 a 39 que relacionam as concentrações de cromo com uma série de variáveis, realizadas com os dados selecionados dos poços

tubulares profundos que captam água no Aquífero Adamantina e no Aquífero Serra Geral (Poços Mistos).

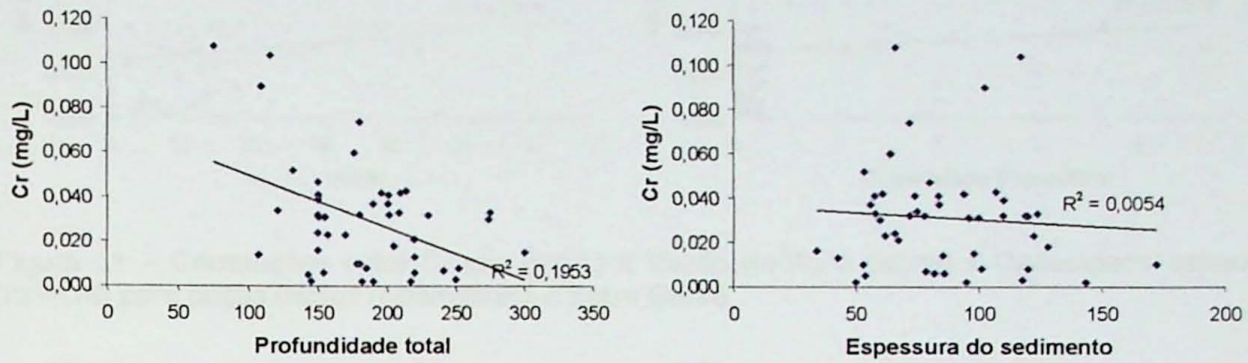


Figura 28 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Profundidade total (metros) e Cromo x Espessura do sedimento Grupo Bauru (metros) para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

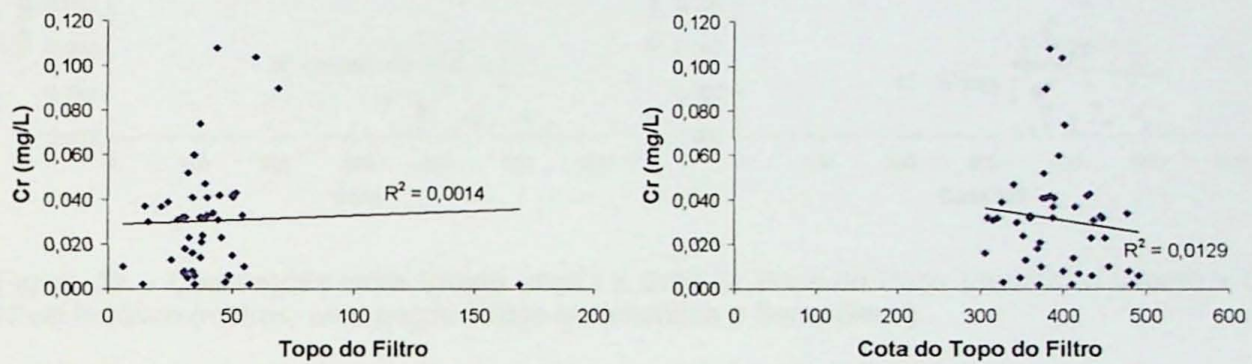


Figura 29 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Profundidade do Topo do Filtro (metros) e Cromo x Cota do Topo do Filtro (metros) para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

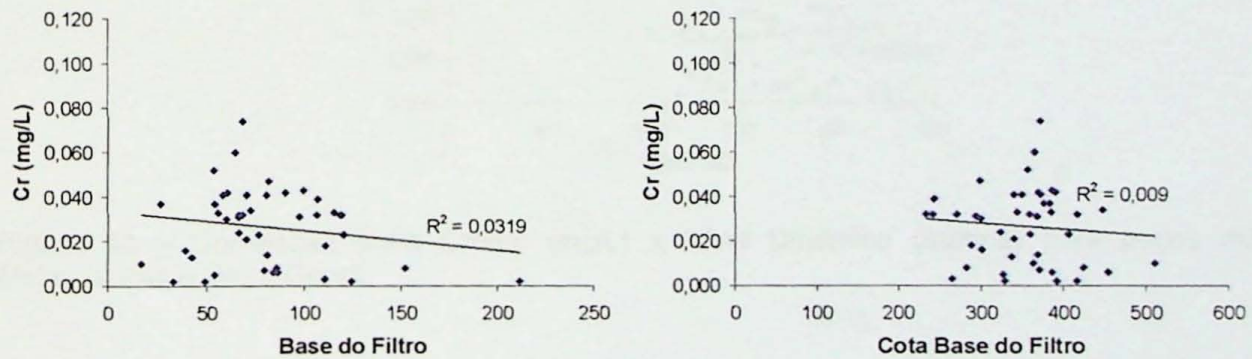


Figura 30 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Profundidade da Base do Filtro (metros) e Cromo x Cota da Base do Filtro (metros) para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

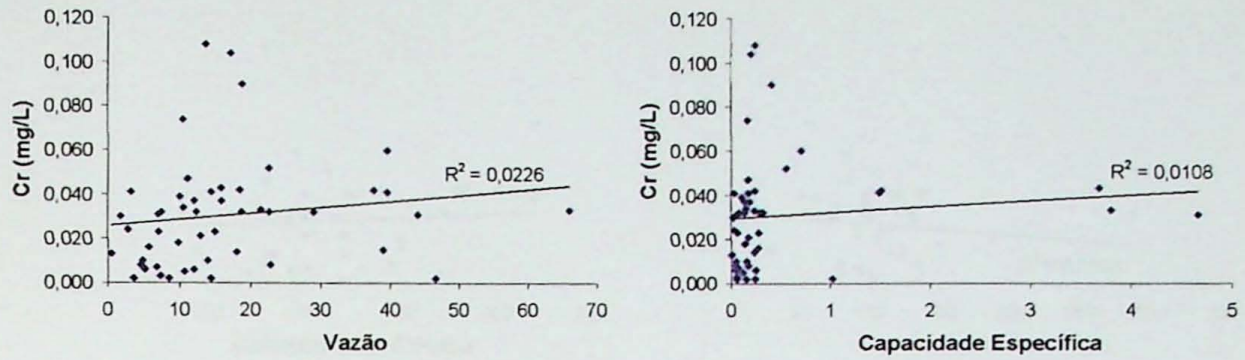


Figura 31 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Vazão (m³/h) e Cromo x Capacidade específica (m³/h.m) para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

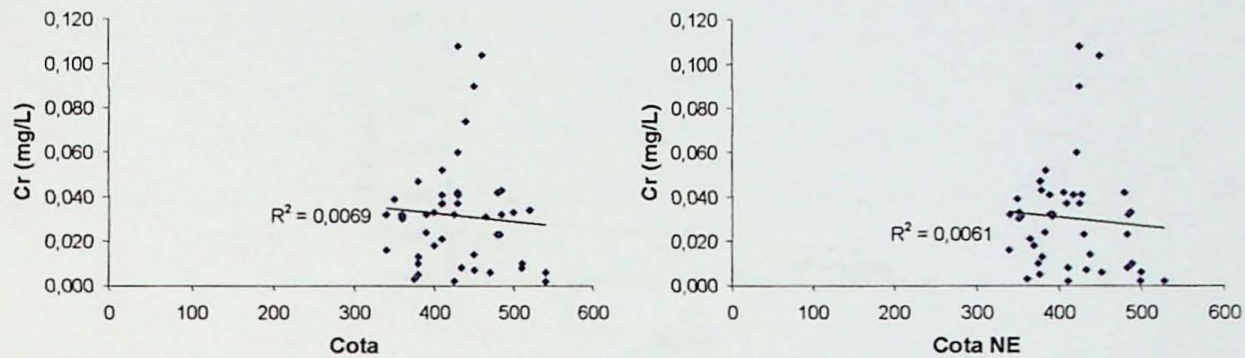


Figura 32 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Cota da Boca do Poço (metros) e Cromo x Cota Nível Estático (metros) para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

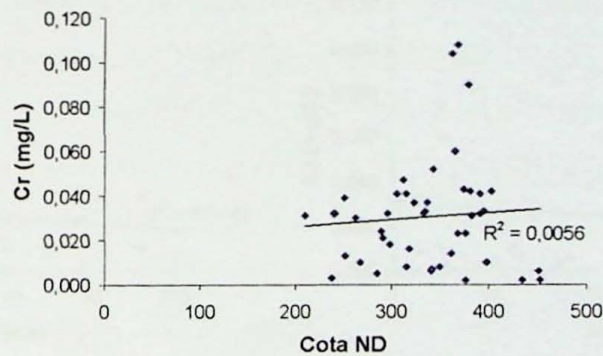


Figura 33 – Correlação entre Cromo (mg/L) x Nível Dinâmico (metros) para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

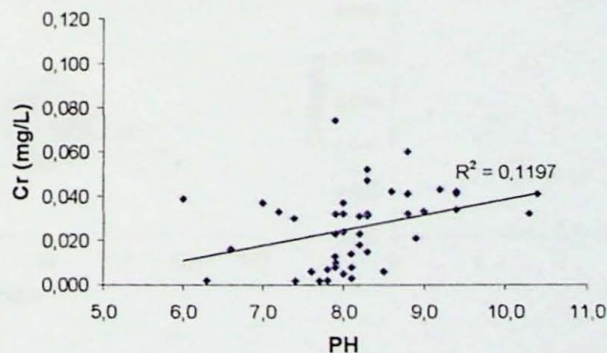


Figura 34 – Correlação entre Cromo (mg/L) x pH para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

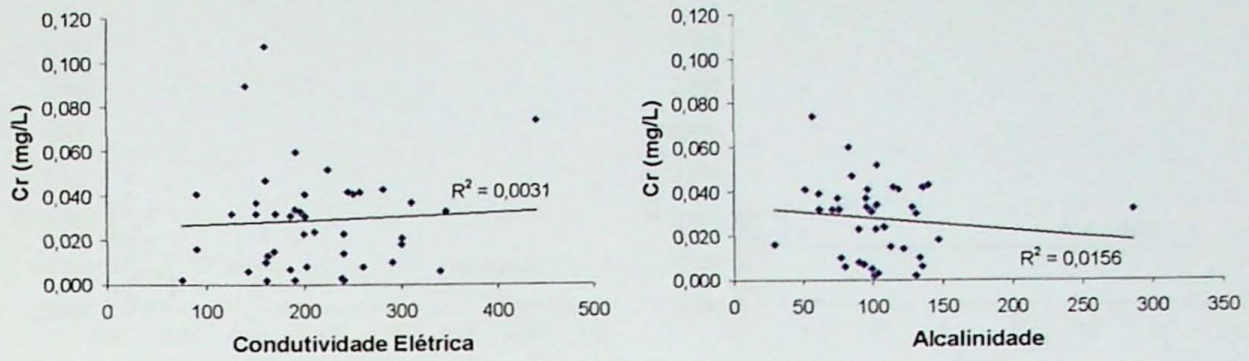


Figura 35 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Condutividade Elétrica e Cromo x Alcalinidade para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

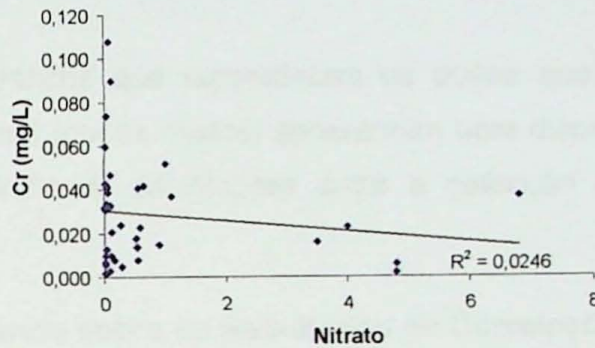


Figura 36 – Correlação entre Cromo (mg/L) x Nitrato para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

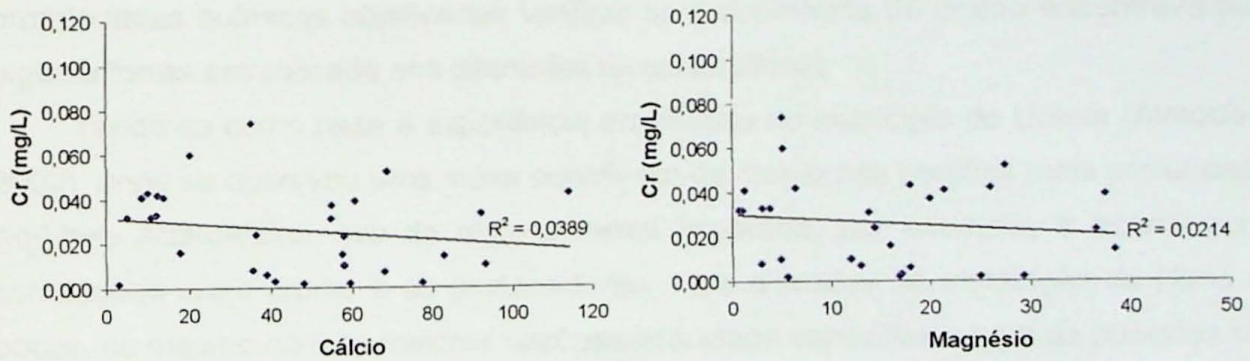


Figura 37 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Cálcio e Cromo x Magnésio para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

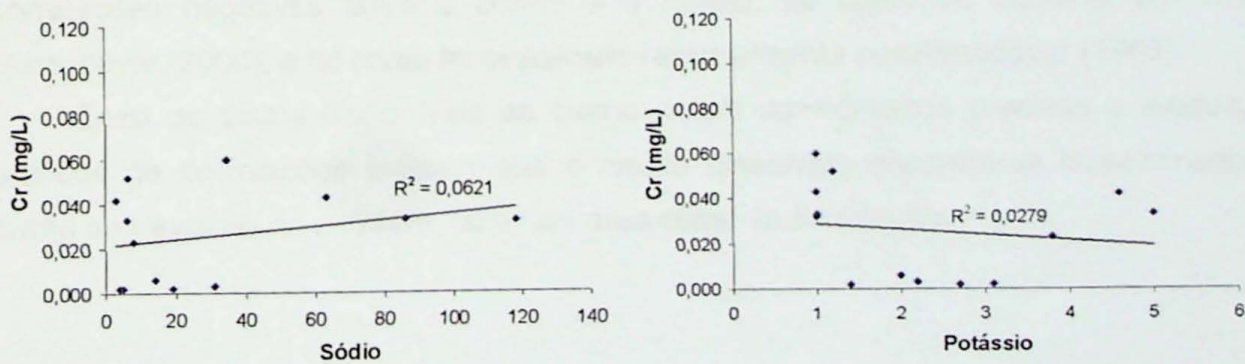


Figura 38 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Sódio e Cromo x Potássio para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

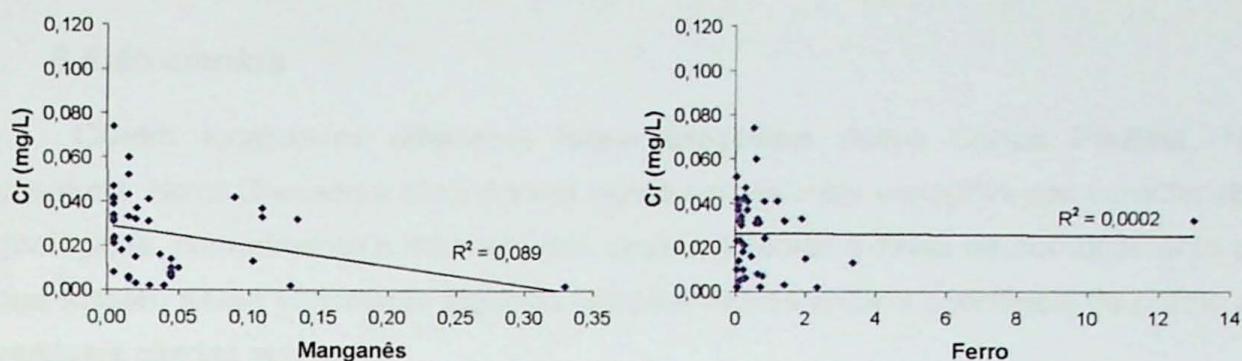


Figura 39 – Correlações entre Cromo (mg/L) x Manganês e Cromo x.Ferro para poços mistos (Adamantina e Serra Geral).

Novamente, os gráficos que representam os poços que exploram os aquíferos Adamantina e Serra Geral (poços mistos) apresentam uma dispersão muito elevada dos dados, indicando ausência de correlações entre a detecção do cromo e os demais parâmetros avaliados.

6.4.4. Comentários sobre os Resultados de Correlações

A execução dos gráficos de correlações entre as concentrações de cromo com as variáveis hidrogeológicas, de aspectos construtivos, de produtividade e demais propriedades químicas objetivaram verificar se a ocorrência de cromo encontrava-se de alguma forma estratificada nos diferentes níveis aquíferos.

Tendo-se como base a experiência acumulada no município de Urânia (Almodovar, 2000), onde se observou uma maior ocorrência de cromo nas porções mais profundas do Aquífero Adamantina, era de alguma forma esperada, por exemplo, a ocorrência de correlações entre cromo e as profundidades mais elevadas de instalação de filtros nos poços, ou mesmo com as maiores vazões/capacidade específica e com as posições mais profundas do nível dinâmico.

Da mesma forma, esperava-se encontrar correlações positivas entre cromo e pH e correlações negativas entre o cromo e o nitrato, tal como se observa em Urânia (Almodovar, 2000), e tal como foi observado regionalmente por Almodovar (1995).

Caso os dados disponíveis de cromo sejam considerados precisos e exatos, os gráficos de correlações indicam que o cromo dissolvido encontra-se disseminado de forma imprevisível no aquífero, tanto em área como verticalmente.

6.5. Exemplos

Quatro localidades diferentes foram escolhidas (Nova Canaã Paulista, Nova Lusitânia, Nova Granada e Marinópolis) sendo comparadas variações das características geológicas, comprimento e diâmetro das seções filtrantes e taxas de bombeamento para que fossem assim verificadas algumas relações nítidas entre a ocorrência de cromo e as variáveis citadas acima.

6.5.1. Poços de Nova Canaã Paulista

Os poços profundos denominados Sede 01 e Socimbra 01, localizados no município de Nova Canaã Paulista; apresentam as seguintes características:

Tabela 9 – Dados referentes a poços tubulares construídos no município de Nova Canaã Paulista

Localidade	Poço	UTM W	UTM N	Cota	Profundidade	Vazão	Nível Estático	Nível Dinâmico	Capacidade Específica
Sede	1	511	7747,75	375	92	41,68	18,83	53,25	1,21
Socimbra	1	504,95	7745,8	385	111	41,7	6,15	38,27	1,30

O poço da localidade Sede 01 apresenta as seguintes descrições litológicas:

De 48 a 61 metros: Arenito avermelhado, fino a muito fino, medianamente selecionado, pouco argiloso, carbonático.

De 61 a 80 metros: Arenito cinza avermelhado, muito fino a fino, mal selecionado, carbonático, mais argiloso que o intervalo anterior.

De 80 a 88 metros: Arenito cinza claro, fino a muito fino, mal selecionado, pouco argiloso, pouco carbonático.

De 88 a 104 metros: Arenito creme, muito fino a fino, mal selecionado, pouco argiloso, pouco carbonático.

O poço da localidade Socimbra 01, apresenta as seguintes descrições litológicas:

De 38 a 65 metros: Arenito fino à médio, vinho acastanhado, subarredondado, com cimento e nódulos carbonáticos, maciço.

De 65 a 70 metros: Arenito muito fino, argiloso, castanho avermelhado, carbonático, duro.

De 70 a 90 metros: Arenito fino à médio, castanho amarelado, subarredondado, carbonático, duro.

A tabela 10 apresenta o posicionamento das seções filtrantes nestes poços.

Tabela 10 – Intervalos de seções filtrantes dadas em metros.

Localidade	Poço	intervalo1	intervalo2	intervalo3	intervalo4	intervalo5
Sede	1	46.45-61.48m	73.34-107.5m			
Socimbra	1	52.63-55.68m	61.68-64.73m	71.73-74.78m	75.78-81.89m	82.89-88.99m

A tabela 11 apresenta os resultados das análises químicas:

Tabela 11: Resultado das análises químicas efetuadas na água

Localidade	Poço	pH _{25°}	Cond (microS)	CROMO	ALCALIN HCO ₃	Cl-	NO ₃ -	F-	Ba+2	Fe+3	Mn+2	Al+3
Sede	1	8.2	330	0.058	148.2	2.9	0.57	0.45	<0.03	0.12	<0.005	<0.02
Socimbra	1	8.0	340	0.02	161.4	4.5	0.04	0.32	0.1	0.07	<0.05	<0.02

Os dois poços situam-se geograficamente próximos um do outro e apresentam características litológicas, produtivas e químicas bastante semelhantes, exceto pelo posicionamento dos filtros. Observa-se que o poço Sede 01 apresenta apenas dois intervalos de filtros, um de aproximadamente 15 metros e outro de 34 metros de espessura, enquanto que o poço Socimbra apresenta maior quantidade de intervalos menores de filtros, que não ultrapassam 6 metros de espessura. Embora as descrições litológicas não apresentem variações expressivas, o posicionamento dos filtros pode ter relação com as variações de concentrações de cromo verificadas nos dois poços.

6.5.2. Poços de Nova Lusitânia e Nova Granada

Dois poços, o primeiro no município de Nova Lusitânia e o segundo no município de Nova Granada apresentam as seguintes descrições litológicas, respectivamente:

Poço 1 - De 14 a 30 metros: Arenito fino a muito fino, friável, amarelo claro, subarredondado, seleção média, pouco argiloso, quartzoso.

De 30 a 96 metros: Arenito fino a muito fino, duro, argiloso, carbonático, subangular, mal selecionado, quartzo-feldspático.

De 96 a 100,25: Basalto marrom, semiduro, compacto, com calcita.

Poço 2 - De 0 a 42 metros: Arenito róseo a cinza claro, subarredondado, fino a muito fino, mal selecionado, levemente carbonático, quartzoso, muito friável, pouca argila na matriz.

De 42 a 66 metros: Arenito avermelhado, fino, bem selecionado, subangular a subarredondado, feldspático, semifriável, carbonático.

De 66 a 84 metros: Arenito marrom amarelado, fino a muito fino, mal selecionado, subangular a subarredondado, quartzo-feldspático, pouco argiloso, carbonático, semi friável.

De 84 a 84,49 metros: Basalto marrom avermelhado, muito duro, compacto.

Os intervalos das seções filtrantes são:

Tabela 12 – Intervalos de seções filtrantes dadas em metros.

MUNICÍPIO	LOCALIDADE	intervalo1	intervalo2	intervalo3	intervalo4
NOVA LUSITANIA	Sede	51.55-57.55m	66.05-68.05m	72-74m	76.95-93m
NOVA GRANADA	Mangaratu	20.08-27.08m	39.78-50.28m	56.55-63.55m	75.95-79.45m

Após 48 horas de bombeamento foram feitas análises químicas nos dois poços e os resultados seguem tabela abaixo:

Tabela 13: Resultado das análises químicas efetuadas na água

MUNICÍPIO	LOCALIDADE	pH25°	Cond (microS)	CROMO	ALCALIN HCO3	Cl-	NO3-	F-	Ca+2	Fe+3	Mn+2	Al+3
NOVA LUSITANIA	Sede	7,7	140	<0,005	67,8	2,9	0,25	<0,20	44,4	0,07	0,11	<0,02
NOVA GRANADA	Mangaratu	8,2	120	0,075	59,8	4	0,04	<0,20	32,1	0,14	<0,005	<0,02

Observa-se pelos dados acima que os poços apresentam descrição litológica bastante semelhante, assim como as características químicas dos elementos maiores. O poço de Nova Lusitânia não apresenta cromo detectado, ao contrário do poço de Nova Granada, que apresenta concentrações acima do limite de potabilidade. As principais diferenças entre os poços relacionam-se com o posicionamento dos filtros. O poço de Nova Granada possui dois intervalos de filtro mais superficiais que o poço de Nova Lusitânia, captando assim fluxos mais rasos. Esta é mais uma observação que corrobora para a não existência de estratificação da ocorrência do cromo em profundidade regionalmente, ao contrário do que foi observado no município de Urânia (Almodovar, 2000).

6.5.3. Poço de Marinópolis

No município de Marinópolis, o poço tubular profundo denominado Sede 03 teve a água analisada em duas ocasiões, sendo a primeira após 21 horas de teste de bombeamento (em 22/11/1991) e outra em 05/02/1992, quando o poço já se encontrava em operação. A tabela 14 apresenta os resultados das análises da água nestas ocasiões.

Tabela 14: Resultado das análises químicas efetuadas na água.

Data da Análise	pH25°	Cond (microS)	CROMO	ALCALIN HCO3	SO4-2	Cl-	NO3-	Ca+2	Mg+2	Na+	Fe+3	Mn+2
22/11/1991	8,6	160	0,085	78,2	<1,0	3,3	<0,04	11,8	5	28	0,21	0,02
05/02/1992	8,1	238	<0,005	104	18,9	7,6	0,09	41	17,1	31	1,4	0,02

Observa-se haver uma diminuição abrupta no valor de cromo hexavalente de 0,085mg/L para valores menores que 0,005 mg/L, não havendo uma razão aparente para explicar este comportamento.

7. CONCLUSÕES

Informações técnicas de um total de 367 poços de abastecimento profundos foram cadastradas nesta pesquisa, abrangendo um total de 84 municípios localizados na região noroeste do Estado de São Paulo. Deste total, 194 poços apresentavam análises químicas em que o cromo foi analisado, sendo que em 84% deste total, o cromo foi observado acima do limite de detecção do método analítico. O cromo foi detectado em 63 municípios, muitas vezes em concentrações acima do limite de potabilidade. Este número é maior que aquele obtido inicialmente por Almodovar (1995), o que representa uma ampliação da área onde ocorre o problema de detecção de cromo na água subterrânea no Aqüífero Adamantina.

A população de poços cadastrada foi selecionada e dividida em três subconjuntos de poços, cada qual representando as situações hidrogeológicas de exploração do Aqüífero Adamantina, do Aqüífero Serra Geral e de ambos os aqüíferos (poços mistos).

Uma estatística da distribuição do cromo foi realizada para cada grupo de poços. Os poços do Aqüífero Adamantina apresentaram concentrações de cromo variando de 0,003 a 0,12 mg/L, os poços do Aqüífero Serra Geral apresentaram cromo variando de 0,002 a 0,062 mg/L e os poços mistos variaram de 0,002 a 0,108 mg/L. Estes resultados indicam que o cromo também pode ser encontrado em poços que exploram o Aqüífero Serra Geral, não se restringindo apenas ao Aqüífero Adamantina.

Além disso, confirmou-se a observação realizada por Almodovar (1995) de que não há um padrão na distribuição espacial do cromo no aqüífero. Entre os municípios cadastrados, não há uma região específica onde há uma maior ou menor ocorrência de cromo na água. Há situações, inclusive, em que poços próximos apresentam conteúdo de cromo que variam desde abaixo do limite de detecção do método analítico até acima do limite de potabilidade.

Uma série de correlações estatísticas foi executada para cada conjunto de poços visando relacionar as concentrações de cromo com aspectos hidrogeológicos, construtivos dos poços, produtividade e ocorrência das demais espécies químicas. Tal avaliação foi realizada para verificar se a ocorrência de cromo encontrava-se de alguma forma estratificada nos diferentes níveis aqüíferos.

Como resultado, em todos os casos, verificou-se que os dados apresentaram forte dispersão nos gráficos, caracterizando a ausência de correlação entre a ocorrência do cromo e as demais variáveis analisadas. Ausência de correlação foi observada até mesmo entre a ocorrência de cromo com o pH, que foi observada regionalmente por

Almodovar (1995) e em Urânia por Almodovar (2000). Desta forma, os gráficos indicaram que o cromo dissolvido encontra-se disseminado de forma imprevisível no aquífero, tanto em área como verticalmente.

Os dados de análises químicas, principalmente aquelas relacionadas com a determinação do cromo hexavalente, foram tratados neste projeto partindo-se do pressuposto de que eram precisos e exatos. Entretanto, cabe mencionar que tais resultados foram produzidos num amplo período temporal (do início da década de 1970 até início de 2000) e não há informações sobre quem analisou as amostras nem tampouco sobre a uniformidade dos critérios e métodos de coleta e análises. Estas observações indicam que as conclusões realizadas neste trabalho, embora factíveis, devem ser analisadas com circunspeção.

Novos estudos desta natureza devem ser conduzidos, portanto, tendo como base os resultados analíticos produzidos rotineiramente pela SABESP, que acompanha a evolução das concentrações de cromo de cada poço de sua propriedade ao longo do tempo, assim como os dados de taxas de exploração dos poços. Espera-se que tais dados possam ainda ser em breve disponibilizados pela Companhia para avaliação.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLOWAY, B. J. 1986. Heavy Metals in Soils. Blackie Academic & Professional, 368 p.
- 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. ; PACHECO, A. 1995. Anomalia de cromo nas águas subterrâneas de Urânia no noroeste do Estado de São Paulo. Boletim do Instituto de Geociências da USP, Série Científica, São Paulo, p. 1-12.
- ALMODOVAR, M. L. N. 2000. A origem natural da poluição por cromo no Aquífero Adamantina, município de Urânia (SP). São Paulo, 199 p. (Tese de Doutorado) – Instituto de Geociências – Universidade de São Paulo.
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 2000. Toxicological Profile for Chromium. U.S. Department of Health and Human Services. 461 p. <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp7.html>. Acesso realizado em maio/2007.
- BALL, J. W. , IZBICKI, J. A. .2004. - Occurrence of hexavalent chromium in ground water in the western Mojave Desert, California. Applied Geochemistry 19 1123-1135.
- BERTOLO, R. A. 2007. Complementação da Investigação Hidrogeoquímica do Cromo No Aquífero Adamantina em Urânia – SP. Relatório Científico Parcial. Processo FAPESP N° 05/60502-3.
- CAGNON, F.A. 2003. Origem e hidroquímica do nitrato nas águas subterrâneas do Aquífero Adamantina em Urânia SP. São Paulo. 1489 p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/USP).
- CAMPOS, H. C. N. S. 1987. Contribuição do estudo hidrogeoquímico do Grupo Bauru no Estado de São Paulo. São Paulo, 158 p. (Dissertação de Mestrado - Instituto de Geociências/USP).
- CAMPOS, H. C. N. S. 1993. Caracterização e cartografia das províncias hidrogeoquímicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 177 p. (Tese de Doutorado - Instituto de Geociências/USP).
- CAMACHO, J. Robles & ARMIENTA, M.A. 2000. Natural chromium contamination of groundwater at León Valley, México. Journal of Geochemical Exploration 68 - 167-181.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2001. Relatório de estabelecimento de Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo, 231 p.
- COIMBRA, A. M. 1976. Arenitos da Formação Bauru: estudo de áreas fonte. São Paulo, 2v. Dissertação de Mestrado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 1976. Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa 7, 8 e 9, Bauru, São José do Rio Preto e Araçatuba. 4v. São Paulo.
- DAEE – DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA. 1988. Águas subterrâneas: reservas estratégicas. Águas e Energia. DAEE 5(13):13-23.
- FERNANDES, L. A. 1998. Estratigrafia e evolução geológica da parte oriental da Bacia Bauru (Ks, Brasil). São Paulo, 216 p. (Tese de Doutorado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo.

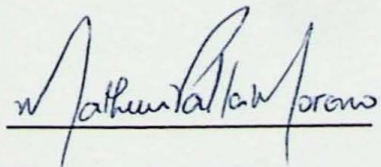
- GONZALEZ, A. R. , NDUNG ' U, K. , FLEGAL, A. R. 2005. Natural Occurrence of Hexavalent Chromium in the Aromas Red Sands aquifer, California. *Environmental Science & Technology*, vol. 39, Nº 15 5505-5511
- GUTIERREZ, A.S. 2003. Modelo Hidrogeoquímico do Aquífero Adamantina em Urânia SP. São Paulo. 199 p. (Dissertação de Mestrado 130 p. - Instituto de Geociências/USP).
- HIRATA, R. C. A.; BASTOS, C.; ROCHA, G. 1997. Mapeamento da vulnerabilidade à poluição dos aquíferos do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. São Paulo, 2v.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. 1981. Mapa Geológico do Estado de São Paulo. São Paulo, IPT. V. 1. Escala 1:500.000.
- 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. *An. Acad. Bras. Ciências*. 51 (4): 677-694.
- MARCOLAN, L. 2006. Caracterização química e mineralógica dos sedimentos da Formação Adamantina em Urânia SP. Monografia de Trabalho de Formatura. Igc-USP. 44 p.
- PAULA E SILVA, F. & CAVAGUTI, N. 1994. Nova caracterização estratigráfica e tectônica do Mesozóico na cidade de Bauru – SP. *Geociências* v.13, p. 83–89.
- PAULA E SILVA, F. 2003. Geologia de subsuperfície e hidroestratigrafia do Grupo Bauru no Estado de São Paulo, 166 p. Tese (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- PAULA E SILVA, F.; CHANG, H.K.; CAETANO-CHANG, M.R. 2003. Perfis de referência do Grupo Bauru (k) no estado de São Paulo. *Geociências*, v.22, n.especial, p. 21-32.
- RICCOMINI, C. 1997. – Arcabouço Estrutural e aspectos do tectonismo gerador e deformaador da Bacia Bauru no Estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Geociências*., v.27, n.2, p.153-162.
- ROBERTSON, F. N. 1991. - *Geochemistry of Ground Water in Alluvial Basins of Arizona and adjacent parts of Nevada, New Mexico & California*. US Geological Survey Professional paper 1406-C
- ROCHA, G.; BERTACHINI, A.; CAMPOS, H.; CAIXETA, J. 1982.. Tentativa de zoneamento das características hidráulicas e hidrogeoquímicas do Aquífero Bauru. In: ENCONTRO DE GEOLOGIA E HIDROGEOLOGIA. Publicação Especial ABAS/SBG, São Paulo. 1v. p. 37-46.
- 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).
- 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: Grupo Bauru. *Revista Brasileira de Geociências*, v.10, n.3, p. 177-185.
- TALTASSE, P. 1968. Os fácies hidroquímicos no Estado de São Paulo. In: 22º Congr. Bras. Geol., Belo Horizonte. *Anais...*1: 263-266.

ANEXO 1

Contrato de prestação de serviços de consultoria e assessoria de
gestão de São Paulo, datado em...

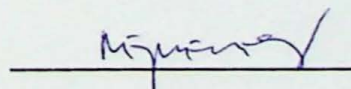
São Paulo, 07 de novembro de 2007

Respeitosamente



Matheus Palla Moreno

De Acordo,



Reginaldo Bertolo

Poços que captam água em aquíferos rasos do Aquífero Alagadinho

Anexo 1

Cadastro de poços tubulares profundos da região noroeste do
Estado de São Paulo divididos em:

Poços que captam água exclusivamente do Aquífero Adamantina.

MUNICÍPIO	Poço	Divisão	UTM W	UTM N	Cota	Prof.	Vazão	N.E.	Cota NE	N.D.	Cota ND
ALTO ALEGRE	3	Lins	586,4	7613,3	510	180	18,4	54,95	455,05	75,69	434,31
ALTO ALEGRE	4	Lins	585,85	7614,35	470	170,23	41,68	2,18	467,82	50,17	419,83
ALTO ALEGRE	2	Lins	574,35	7614,35	450	126,1	16,5	2,51	447,49	93,47	356,53
APARECIDA D'OESTE	3	Jales	514,75	7739,65	340	116	31,7	0	340	74,24	265,76
ASPASIA	3	Jales	528,4	7771,15	410	71,86	10,84	11,84	398,16	63,82	346,18
ASPASIA	2	Jales	527,85	7767,6	420	81	4,85	14,39	405,61	61,2	358,8
AURIFLAMA	10	Jales	546,4	7713,7	430	160,59	6,28	11,5	418,5	132,13	297,87
AVAI	1	Novo Horizonte	677,75	7543,5	550	62	12,77	27,63	522,37	46,28	503,72
EMBAÚBA	2	Monte Alto	724,5	7678,4	560	80	11,3	43,12	516,88	65,47	494,53
ESTRELA D'OESTE	1	Fernandópolis	563,1	7766,3	455	72,5	2,88	13,22	441,78	41,35	413,65
FERNANDO PRESTES	3	Monte Alto	734,38	7635,68	520	108	20,37	25,66	494,34	63,72	456,28
GASTAO VIDIGAL	6	Lins	584,35	7700,2	420	85,15	3,94	22,78	397,22	66,67	353,33
GASTAO VIDIGAL	7	Lins	583,95	7700,4	435	88,5	3,63	13,08	421,92	58,76	376,24
GENERAL SALGADO	14	Jales	566,01	7716,19	480	155	9,77	37,42	442,58	112,53	367,47
GUZOLANDIA	3	Jales	535,1	7716,1	460	211	16,16	78	382	135,92	324,08
MACEDÔNIA	2	Fernandópolis	584,9	7772,8	490	156,63	5,91	12,1	477,9	120,41	369,59
MARINÓPOLIS	2	Jales	518,45	7739,8	405	156	14,14	14,6	390,4	107,16	297,84
MONTE ALTO	1	Monte Alto	765,25	7652,2	640	140	2,88	88,8	551,2	124,4	515,6
NHANDEARA	1	Lins	609,4	7710,8	530	171,7	14,7	29,9	500,1	129	401
NOVA CANAA PTA.	1	Jales	504,95	7745,75	385	108	41,68	6,15	378,85	38,27	346,73
NOVA CANAA PTA.	1	Jales	511	7747,75	375	92	41,68	18,83	356,17	53,25	321,75
NOVA GRANADA	6	Fernandópolis	675,05	7728	540	181	21	58,55	481,45	128,79	411,21
NOVA GRANADA	1	Fernandópolis	674,05	7740,05	470	84,49	12,18	0	470	74	396
NOVA GRANADA	2	Fernandópolis	673,9	7741,36	510	121	10,3	27,3	482,7	59,96	450,04
NOVA LUSITANIA	5	Lins	575,85	7693,05	430	100	9,2	8,58	421,42	77,41	352,59
NOVA LUSITANIA	4	Lins	576,5	7693,2	460	95	18,85	40,2	419,8	90,1	369,9
ONDA VERDE	2	Fernandópolis	677,15	7720,95	520	171,5	36,49	43,95	476,05	79,9	440,1
PALMARES PTA.	3	Monte Alto	727,35	7666,75	565	120	19,8	44,4	520,6	84,27	480,73
PEDRANOPOLIS	4	Fernandópolis	593,8	7760,6	430	139	3,96	12,64	417,36	108,13	321,87
PEDRANOPOLIS	5	Fernandópolis	593,8	7760,9	430	40	1,65	11,85	418,15	23,26	406,74

MUNICÍPIO	Poço	Divisão	UTM W	UTM N	Cota	Prof.	Vazão	N.E.	Cota NE	N.D.	Cota ND
PEDRANOPOLIS	2	Fernandópolis	592,9	7759,95	430	132	1,98	3,3	426,7	83,88	346,12
PEDRANOPOLIS	6	Fernandópolis	592,5	7761,1		128	6,71	11,57		67,6	
PEDRANOPOLIS	1	Fernandópolis	584,75	7764,45	495	113,2	12,57	11,38	483,62	53,87	441,13
PEDRANOPOLIS	2	Fernandópolis	585,05	7764,56	500	114,44	6,6	20,5	479,5	94,68	405,32
PONTALINDA	2	Jales	549,25	7739,9		66,5	18	0		59	
PONTALINDA	3	Jales	550,25	7739,85	380	72,5	14,66	0	380	57,88	322,12
POPULINA	2	Jales	556,35	7788,95	470	54,5	1,48	11,02	458,98	44,72	425,28
PRESIDENTE ALVES	1	Novo Horizonte	671,9	7560,5	500	80,07	24,75	22	478	68,51	431,49
RUBIACEA	3	Lins	528,1	7644,7	425	100	2,64	27	398	87,26	337,74
RUBIACEA	5	Lins	527,95	7645,1	440	102	14,14	17,35	422,65	84,67	355,33
RUBIACEA	2	Lins	518,05	7630,95	400	123	5	6,9	393,1	23,9	376,1
SAO FRANCISCO	2	Jales	532,1	7749,15	420	144,24	17,5	42,6	377,4	122,28	297,72
SAO JOAO DAS DUAS PONTES	1	Fernandópolis	564,65	7745,25	445	120	9,7	5,6	439,4	79,5	365,5
SUD MENUCCI	5	Jales	507,4	7712,05	390	120,5	30,46	32	358	59,53	330,47
SUD MENUCCI	2	Jales	519,5	7721,2	370	179	6,5	37,44	332,56	119,02	250,98
SUD MENUCCI	3	Jales	518,9	7721,05	400	173,15	5	38,54	361,46	90	310
URANIA		Jales			450	109,21	18,8	24,27	425,73	69,84	380,16
URANIA		Jales			440	75	13,65	4,56	435,44	60,54	379,46
URANIA		Jales			480	142,27	8,8	23,37	456,63	122,7	357,3
URANIA	6	Jales	536,5	7761,3	460	115,59	17,21	10,2	449,8	96,4	363,6
VALENTIM GENTIL	3	Fernandópolis	595,55	7740,9	520	163,5	8,8	35,05	484,95	117,17	402,83
VALENTIM GENTIL	7	Fernandópolis	595,15	7740,65	470	136,4	6,33	18,35	451,65	89,19	380,81
VALENTIM GENTIL	8	Fernandópolis	596	7740,1	475	114,8	12	3,34	471,66	98	377
VALENTIM GENTIL	4	Fernandópolis	595,2	7742,35	475	113,91	10,84	30,99	444,01	92,74	382,26
VALENTIM GENTIL	5	Fernandópolis	596,1	7740,65	487	131,5	8,8	10,1	476,9	94,6	392,4
VITORIA BRASIL	1	Jales	554,5	7766,9	480	107	13,6	2,62	477,38	77,58	402,42

MUNICÍPIO	s	Q/s	Espessura do Bauru	Espessura Saturada	Topo Filtro	Cota topo filtro	Prof, Base Filtro	Cota base do filtro	CROMO	pH25°	Temp (°C)
ALTO ALEGRE	20,74	0,8872	180	125,05	43,7	466,3	137	373	0,018	8	25
ALTO ALEGRE	47,99	0,8685	166	163,82	42,5	427,5	160,95	309,05	0,01	8	23
ALTO ALEGRE	90,96	0,1814	126,1	123,59	41,54	408,46	124,91	325,09	0,021	8	24
APARECIDA D'OESTE	74,24	0,4270	110	110	48,9	291,1	109,65	230,35	0,026	7,9	
ASPASIA	51,98	0,2085	62	50,16	21,31	388,69	65,81	344,19	0,027	7,6	29
ASPASIA	46,81	0,1036	80,4	66,01	63,87	356,13	79,87	340,13	0,023	8,1	23,5
AURIFLAMA	120,63	0,0521	158	146,5	29,94	400,06	142,38	287,62	0,029	8,1	24
AVAI	18,65	0,6847	62	34,37	19,6	530,4	51,6	498,4	0,003	6	24
EMBAÚBA	22,35	0,5056	79,5	36,38	45,68	514,32	76,5	483,5	0,010	6,9	
ESTRELA D'OESTE	28,13	0,1024	69,5	56,28	38,05	416,95	69,37	385,63	0,009	7,4	23
FERNANDO PRESTES	38,06	0,5352	107,5	81,84	30,7	489,3	80,97	439,03	0,045	6,8	25
GASTAO VIDIGAL	43,89	0,0898	84	61,22	38,17	381,83	77,99	342,01	0,025	7,7	
GASTAO VIDIGAL	45,68	0,0795	87	73,92	64	371	82,98	352,02	0,006	6,5	
GENERAL SALGADO	75,11	0,1301	155	117,58	65,3	414,7	145,02	334,98	0,017	7,3	
GUZOLANDIA	57,92	0,2790	208	130	115,14	344,86	183,18	276,82	0,032	8,8	
MACEDÔNIA	108,31	0,0546	155,6	143,5	46,82	443,18	111,7	378,3	0,039	8,1	
MARINÓPOLIS	92,56	0,1528	154	139,4	67,6	337,4	128,76	276,24	0,063	8,3	26
MONTE ALTO	35,6	0,0809	139	50,2	52,55	587,45	116,13	523,87	0,017	8	
NHANDEARA	99,1	0,1483	156	126,1	44,8	485,2	153	377	0,018	7,3	
NOVA CANAÁ PTA.	32,12	1,2976	104	97,85	46,45	338,55	107,5	277,5	0,058	8,2	
NOVA CANAÁ PTA.	34,42	1,2109	95	76,17	52,63	322,37	88,99	286,01	0,020	8	
NOVA GRANADA	70,24	0,2990	121	62,45	91,98	448,02	172,26	367,74	0,017	7,9	33,5
NOVA GRANADA	74	0,1646	84	84	20,08	449,92	79,45	390,55	0,075	8,2	27
NOVA GRANADA	32,66	0,3154	124	96,7	46,83	463,17	112,9	397,1	0,010	6,98	
NOVA LUSITANIA	68,83	0,1337	92	83,42	39,41	390,59	92,24	337,76	0,003	6,9	25,5
NOVA LUSITANIA	49,9	0,3778	96	55,8	51,55	408,45	93	367	0,003	7,7	
ONDA VERDE	35,95	1,0150	170,4	126,45	62,67	457,33	153,95	366,05	0,043	8,3	22
PALMARES PTA.	39,87	0,4966	117	72,6	54,65	510,35	117,95	447,05	0,018	7,6	

MUNICÍPIO	s	Q/s	Espessura do Bauru	Espessura Saturada	Topo Filtro	Cota topo filtro	Prof. Base Filtro	Cota base do filtro	CROMO	pH25°	Temp (°C)
PEDRANOPOLIS	95,49	0,0415	134	121,36	13,59	416,41	126,55	303,45	0,085	8	
PEDRANOPOLIS	11,41	0,1446	40	28,15	7,5	422,5	27	403	0,003	6,6	
PEDRANOPOLIS	80,58	0,0246	119,9	116,6	84,65	345,35	117,25	312,75	0,003	7	
PEDRANOPOLIS	56,03	0,1198	127,5	115,93	30,33		102,12		0,003	6,7	
PEDRANOPOLIS	42,49	0,2958	113	101,62	27,77	467,23	86,46	408,54	0,013	7,9	
PEDRANOPOLIS	74,18	0,0890	108,8	88,3	61,59	438,41	98,09	401,91	0,008	8,2	24
PONTALINDA	59	0,3051	65,3	65,3	35,98		59		0,090	7,7	
PONTALINDA	57,88	0,2533	72	72	41,3	338,7	64,25	315,75	0,044	8	24
POPULINA	33,7	0,0439	53	41,98	31,76	438,24	52,37	417,63	0,015	8,2	24
PRESIDENTE ALVES	46,51	0,5321	76	54	27,9	472,1	69,29	430,71	0,007	7,7	
RUBIACEA	60,26	0,0438	104	77	37,82	387,18	95,19	329,81	0,003	6,8	
RUBIACEA	67,32	0,2100	100	82,65	30,81	409,19	90,97	349,03	0,003	8,29	23,7
RUBIACEA	17	0,2941	121	114,1	44,72	355,28	118,72	281,28	0,003	6,9	22
SAO FRANCISCO	79,68	0,2196	140	97,4	90,89	329,11	142,14	277,86	0,044	8,8	21
SAO JOAO DAS DUAS PONTES	73,9	0,1313	117,5	111,9	24	421	24	421	0,050	7,8	
SUD MENUCCI	27,53	1,1064	122	90	58,82	331,18	116	274	0,050	7,8	25,5
SUD MENUCCI	81,58	0,0797	178,5	141,06	66,77	303,23	144,05	225,95	0,013	8,1	
SUD MENUCCI	51,46	0,0972	172	133,46	71,97	328,03	149	251	0,024	8,1	26
URANIA	45,57	0,4126	102,6	78,33	31,16	418,84	104,43	345,57	0,120		23
URANIA	55,98	0,2438	66	61,44	44,2	395,8	65,9	374,1	0,088	8,7	
URANIA	99,33	0,0886	138	114,63	72,3	407,7	138,3	341,7	0,020		
URANIA	86,2	0,1997	117	106,8	59,81	400,19	112,53	347,47	0,006	7,4	23
VALENTIM GENTIL	82,12	0,1072	163,2	128,15	101,16	418,84	160,5	359,5	0,024	7,1	22
VALENTIM GENTIL	70,84	0,0894	136	117,65	52,05	417,95	135,56	334,44	0,044	6,5	25,5
VALENTIM GENTIL	94,66	0,1268	114	110,66	46,49	428,51	110,97	364,03	0,021	6,7	
VALENTIM GENTIL	61,75	0,1755	113	82,01	38,11	436,89	113,91	361,09	0,061	7,7	23
VALENTIM GENTIL	84,5	0,1041	124	113,9	43,03	443,97	96,03	390,97	0,010	5,7	28
VITORIA BRASIL	74,96	0,1814	94	91,38	95,91	384,09	33,85	446,15	0,018	7	23

MUNICÍPIO	Cond (microS)	ALCALIN HCO3	SO4-2	Cl-	NO3-	F-	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Ba+2	Fe+3	Mn+2	Al+3
ALTO ALEGRE	120	45,3		6	0,015	0,015						1,4	0,008	0,015
ALTO ALEGRE	170	83,8		2,8		0,015					0,13	0,15	0,0045	0,015
ALTO ALEGRE	250	109,8		3,2		0,015					0,16	0,12	0,045	0,015
APARECIDA D'OESTE	155	77,8		2,4	0,035	0,32					0,05	0,03	0,0045	0,015
ASPASIA	260	133,8	0,95	5,9	0,06	0,23	109,7	24,9				0,17	0,0045	0,015
ASPASIA	21,5	111,2	0,95	2,8	0,08	0,27	72,1	39,2			0,27	0,11	0,021	0,015
AURIFLAMA	160	86	0,95	2,1	0,21	0,015	48	16			0,08	0,25	0,066	0,015
AVAI	63	5	0,95	5,2	3,7	0,015	11,8	4,9	0,95	5,7	0,13	0,39	0,02	0,015
EMBAÚBA	250	103	0,95	6,5	1,3	0,015	81,2	21,8	5	4,7		0,69	0,03	0,015
ESTRELA D'OESTE	164	51,2	0,95	3,1	2,2	0,3	49,3	20,7	3	2,2	0,025	0,37	0,02	0,015
FERNANDO PRESTES	145	62	1	6,5	2,1	0,15	36	5			0,7	0,09		0,015
GASTAO VIDIGAL	320	144,5	0,95	5	0,56	0,015	104	39,5			0,33	0,07	0,045	0,015
GASTAO VIDIGAL	120	19,5	0,95	5,5	5,64	0,015	22,5	11,7			0,34	0,27	0,045	0,04
GENERAL SALGADO		121	0,01	8,5	0,4	0,2	87	31				0,01	0,01	0,030
GUZOLANDIA	200	82,4	0,95	4,5	0,05	0,21	56,6	14,1			0,025	0,61	0,045	0,015
MACEDÔNIA	180	98,8	1	2,9	0,12	0,015	39	15,9			0,09	1,05	0,045	0,015
MARINÓPOLIS	230	107	0,95	6,1	2,7	0,46	48,8	13,2	32	1,4	0,25	0,49	0,015	0,015
MONTE ALTO	170	93	0,95	3	0,21	0,36	46,6	24,1	12	1,6	0,13	0,16	0,02	0,015
NHANDEARA	220	121		7,7	1,1	0,095					0,39	0,21	0,071	0,015
NOVA CANAÃ PTA.	330	148,2		2,9	0,57	0,45					0,025	0,12	0,0045	0,015
NOVA CANAÃ PTA.	340	161,4	0,95	4,5	0,04	0,32	95	67			0,1	0,07	0,045	0,015
NOVA GRANADA	224	110	4,5	4	1,8	0,015	80,6	16,5	8,1	3,7	0,25	0,08	0,015	0,015
NOVA GRANADA	120	59,8	0,95	4	0,04	0,015	32,1	11			0,05	0,14	0,0045	
NOVA GRANADA			3	14	7,4							0,95		0,042
NOVA LUSITANIA	92	46,5	0,95	3,4	0,11	0,015	25,5	13,7	4	2,7	0,07	0,34	0,13	0,015
NOVA LUSITANIA	140	67,8	0,95	2,9	0,25	0,015	44,4	19,2			0,3	0,07	0,11	0,015
ONDA VERDE	220	121	4,5	6,4	0,95	0,015	107,6	14	5,2	4,2	0,31	0,38	0,015	0,015
PALMARES PTA.	170	76,6	0,95	4,1	0,14	0,015	49	14			0,26	0,14	0,045	0,015
PEDRANÓPOLIS	200	87	6,3			0,35	84,7	30,6			0,025	1,83	0,045	0,015

MUNICÍPIO	Cond (microS)	ALCALIN HCO3	SO4- 2	Cl-	NO3-	F-	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Ba+2	Fe+3	Mn+2	Al+3
PEDRANOPOLIS	28	12,4	0,95	3,4	0,07	0,015	2	4,1			0,13	0,22	0,09	0,030
PEDRANOPOLIS	140	60,8	0,95	5,3	0,16	0,015	23,9	27,4			0,1	0,92	0,0045	0,015
PEDRANOPOLIS	80	41,2	0,95	4	0,035	0,015	17,6	15,6	2	3,2	0,06	0,5	0,04	0,015
PEDRANOPOLIS	140	56	1	3	0,14	0,2	29,1	16,5				0,69	0,04	0,015
PEDRANOPOLIS	180	107	0,95	3,5	0,035	0,015	57,3	28,5				0,18	0,0045	
PONTALINDA	120	77,4		3,9	0,035	0,015					0,1	0,2	0,037	0,015
PONTALINDA	120	62,8		2,4	0,11	0,015					0,03	0,33	0,0045	0,015
POPULINA	198	121	0,95	8,6	0,37	0,015	87,6	30,5	5	2,7	0,25	0,07	0,06	0,015
PRESIDENTE ALVES	90	35,2	0,95	4,8	1,9	0,015	25,8	8,5			0,13	0,13	0,0045	0,015
RUBIACEA	85	41,6	0,95	4,1	0,06	0,15	22,5	10,8	3	2,9	0,06	1	0,21	0,100
RUBIACEA	43		4,5	6,4	0,23	0,15	10,5	8,5	4	3,2	0,15	0,71	0,04	0,015
RUBIACEA	91		0,95	6,1	0,36	0,15	28,2	8,7	3	2,7	0,25	0,55	0,03	0,015
SAO FRANCISCO	148	75	0,95	4,7	0,035	0,22		22	28	0,95	0,25	0,2	0,015	0,015
SAO JOAO DAS DUAS PONTES	215		0,95	7,8	1,8	0,15	46	17			0,32	0,03	0,045	0,015
SUD MENUCCI	272	153	0,95	9,7	1,2	0,33	97,3	58,7	9	4,7	0,3	0,08	0,015	0,015
SUD MENUCCI	250	98,4	0,95	7,3	1,1	0,24	59,6	34,3			0,26	0,16	0,045	0,015
SUD MENUCCI	175		4,5	10,5	1,3	0,23	72,2	29,8	8	3,7	0,15	0,85	0,02	0,015
URANIA	150			3	0,21	0,12						0,77		
URANIA	160			9,9	0,035	0,31					0,025	0,59	0,021	0,020
URANIA														
URANIA	225	85	0,95	7,7	4,3	0,15	71,4	17			0,05	0,06	0,11	
VALENTIM GENTIL	160			7,6	7,3	0,15					0,2	0,11	0,0025	0,015
VALENTIM GENTIL	170			4,2	0,28	0,15						0,22	0,029	
VALENTIM GENTIL	200			4,4	2,2	0,2						0,13	0,221	
VALENTIM GENTIL	180			3,8	0,45	0,15					0,1	0,11	0,0025	0,015
VALENTIM GENTIL	192	52	2	2,5	6,74	0,62	14	2,4	8,8	4,6		0,2	0,021	0,015
VITORIA BRASIL				3,2	0,35	0,095					0,2	0,32	0,071	0,040

MUNICÍPIO	Poço	Divisão	UTM W	UTM N	Cota	Prof.	Vazão	N.E.	Cota NE	N.D.	Cota ND
ADOLFO	3	Novo Horizonte	639,5	7651,5	420	150	44	38,47	381,53	101,38	318,62
ALVARES FLORENCE	1	Fernandópolis	614,5	7752,5	406	154	41,68	9,24	396,76	46,56	359,44
ASPASIA	1	Jales	527,6	7770	380	220	45	53,51	326,49	62,3	317,7
AVAI	3	Novo Horizonte	671,7	7548,85	496	150	14,94	19,18	476,82	65,89	430,11
BREJO ALEGRE	1	Lins	584,8	7658,65	372	210	14,7	44,72	327,28	115	257
CARDOSO	2	Fernandópolis	600,2	7786,5	395	160,6	12,77	5,4	389,6	99,95	295,05
INDIAPORA	3	Fernandópolis	573,65	7789,5	410	162	56,67	37,49	372,51	61,92	348,08
MESOPOLIS	1	Jales	359,4	7795,1	380	200	60,9	0	380	25	355
MONCÕES	3	Lins	592,7	7696,3	390	144	20,3	18,57	371,43	91,12	298,88
NOVO HORIZONTE	3	Novo Horizonte	685,13	7624,26	410	200,60	67	99,67		36,00	
ORINDIUA	2	Fernandópolis	671,95	7767,6	440	200	9,78	36,1	403,9	145,17	294,83
ORINDIUA	3	Fernandópolis	671,5	7767	420	252	24,75	30,16	389,84	114,4	305,6
PARANAPUA	3	Jales	540,2	7777,1	400	180	60,92	7,57	392,43	18,18	381,82
PONTES GESTAL	2	Fernandópolis	635,2	7768,9	445	150	49,5	17,23	427,77	39,8	405,2
POPULINA	3	Jales	547,8	7793,55	385	180	46,58	0,37	384,63	71,65	313,35
RIOLANDIA	5	Fernandópolis	639,7	7791,9	400	220	1,99	62,2	337,8	114,03	285,97
RUBINEIA	1	Jales	500,02	7769,5		122	20	14		59	
SANTA ALBERTINA	4	Jales	524,4	7783,1	340	200	41,46	3,43	336,57	66,79	273,21
SANTA ALBERTINA	5	Jales	524,7	7781,95	350	100	72	3,17	346,83	21,32	328,68
SANTA CLARA D'OESTE	1	Jales	507,15	7778,25		120	11,47	25		84,35	
SANTA CLARA D'OESTE	2	Jales	507	7778,9	340	180	14,5	14,95	325,05	124,43	215,57
SANTA ERNESTINA	5	Monte Alto	770,8	7624	550	200	20	30,8	519,2	41,72	508,28

MUNICÍPIO	s	Q/s	Espessura do Bauru	Espessura Saturada	CROMO	pH25°	Temp (°C)	Cond (microS)	ALCALIN. HCO3	SO4-2
ADOLFO	62,91	0,699	18	-20,47	0,016	9,6		280	3,6	5
ALVARES FLORENCE	37,32	1,117	0	-9,24	0,007	7,9	24	300	118	1
ASPASIA	8,79	5,119	26	-27,51	0,056	10,1	28	490	153,1	
AVAI	46,71	0,320	20	0,82	0,023	7		90	12,8	1
BREJO ALEGRE	70,28	0,209	28	-16,72	0,008	9,4		1.800	65,1	
CARDOSO	94,55	0,135	31	25,6	0,016	8,3		180	97	
INDIAPORA	24,43	2,320	0	-37,49	0,023	7,9		39	110	1
MESOPOLIS	25	2,436	6	6	0,021	7,2	24	180	85,6	
MONCÕES	72,55	0,280	0	-18,57	0,002	8,9	24	270	141,9	
NOVO HORIZONTE			18		0,015	9,6		249	128	0
ORINDIUIVA	109,07	0,090	13	-23,1	0,002	8,5	23	1498	31	801
ORINDIUIVA	84,24	0,294	15	-15,16	0,004	7,2	23	296	85,4	63
PARANAPUA	10,61	5,742	0	-7,57	0,018	7,3		240	128	
PONTES GESTAL	22,57	2,193	27	9,77	0,002	7,9	24	200	103	1
POPULINA	71,28	0,653	18	17,63	0,045	8,5	24,5	303	161,6	4
RIOLANDIA	51,83	0,038	0	-62,2	0,008	9,8		700	88,2	202
RUBINEIA	45	0,444	0	-14	0,006	8		180		
SANTA ALBERTINA	63,36	0,654	0	-3,43	0,034	9,5		500		
SANTA ALBERTINA	18,15	3,967	0	-3,17	0,006	7,9		260		
SANTA CLARA D'OESTE	59,35	0,193	18	-7	0,062	9		260	103,8	1
SANTA CLARA D'OESTE	109,48	0,132	16,35	1,4	0,058	8		320	151,6	1
SANTA ERNESTINA	10,92	1,832	10	-20,8	0,002	8		175	79,8	2,5

MUNICÍPIO	Cl-	NO3-	F-	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Ba+2	Fe+3	Mn+2	Al+3
ADOLFO	4	0,04	0,15	3,6	0,8				0,65		0,02
ALVARES FLORENCE	11,7	3,9	0,15	98,1	29,5			0,03	0,03	0,005	0,02
ASPASIA	18,9	0,1	0,73					0,03	0,1	0,005	0,02
AVAI	7	6,7	0,15	10,8	19,9			0,27	3,27	0,066	0,02
BREJO ALEGRE	73,2	0,02	4,9					0,05	0,83	0,071	0,03
CARDOSO	3,7	0,04	0,15					0,03	0,07	0,005	0,03
INDIAPORA	20,2	109	0,15	151,3	14,7			0,24	0,18	0,005	0,02
MESOPOLIS	4,8	0,42	0,15					0,1	0,07	0,005	0,02
MONCÕES	3,6	0,25	0,15					0,03	0,72	0,005	
NOVO HORIZONTE	3,6	0	0,15					0,7	0,013	0,05	
ORINDIUIVA	26,6	0,32	2,5	217	25	250	0,02	0,3	0,06	0,02	0,02
ORINDIUIVA	7,1	1,1	0,56	63,5	22,8	41	2	0,15	0,1	0,02	0,02
PARANAPUA	5,1	1,47	0,15						1,89	0,021	0,02
PONTES GESTAL	3,7	0,1	0,15	355,9	39,8	20	1,5	0,3	0,15	0,02	0,02
POPULINA	4	0,12	0,15	100,9	41,7	10	3,3		0,14	0,02	0,02
RIOLANDIA	13,8	0,06	9,75	2,8	2,8			0,03	7,7	0,05	0,02
RUBINEIA	4,5	1,9	0,2					0,05	0,03	0,005	0,02
SANTA ALBERTINA	11,7	0,04	1,3					0,03	0,12	0,005	0,02
SANTA ALBERTINA	3,7	2,7	0,2					0,07	0,44	0,029	0,02
SANTA CLARA D'OESTE	6	0,55	0,27	16,4	8,6			0,11	0,03	0,005	0,02
SANTA CLARA D'OESTE	5,9	0,46	0,2	127,4	4,1			0,39	0,03	0,005	0,02
SANTA ERNESTINA	3	0,02	0,2	48,5	15,9			0,03	0,2	0,05	0,02

Poços que captam água tanto do Aquífero Adamantina quanto do
Aquífero Serra Geral (Poços Mistos).

MUNICÍPIO	Poço	Divisão	UTM W	UTM N	Cota	Prof.	Vazão	N.E.	Cota NE	N.D.	Cota ND
APARECIDA D'OESTE	2	Jales	514,6	7738,9	340	180	22,6			100,19	239,81
BALBINOS	2	Novo Horizonte	7577,4	669,8	450	241	6,82	17,2	432,80	108,61	341,39
CARDOSO	1	Fernandópolis	607,5	7769,2	470	220	5,17	18,5	451,50	129,2	340,80
CARDOSO	2	Fernandópolis	606,4	7768,4	430	200,5	12	4,3	425,70	93,2	336,80
DOLCINOPOLIS	3	Jales	553,15	7774,45	430	176	39,6	8,3	421,70	64,32	365,68
ESTRELA D'OESTE	5	Fernandópolis	562,25	7754,8	430	201	39,6	12	418,00	38,65	391,35
ESTRELA D'OESTE	6	Fernandópolis	561,77	7753,6	430	196	37,7	23,76	406,24	48,74	381,26
FERNANDO PRESTES	1	Monte Alto	733,75	7635,5	483	157,3	7	0	483,00	115	368,00
FERNANDO PRESTES	2	Monte Alto	733,95	7636,8	485	180	7,4	0,3	484,70	93,8	391,20
FLOREAL	3	Lins	590,55	7715,5	450	107	18	12,27	437,73	88,5	361,50
FLOREAL	4	Lins	590,15	7713,65	485	214	15,84	105,8	379,20	110,1	374,90
GASTAO VIDIGAL	9	Lins	582,9	7703,15	400	275	66	48,03	351,97	65,41	334,59
IRAPUÁ	2	Novo Horizonte	665,52	7646,34	425	150	18,7	32,33	392,67	91,55	333,45
IRAPUÁ	4	Novo Horizonte	664,8	7643,5	410	150,4	14,4	20,98	389,02	103,94	306,06
LINS	5	Lins	328,8	7602,2	410	190	15,84	0,33	409,67	86,62	323,38
LINS	12	Lins	630,7	7600,2	465	155	44	72,81	392,19	82,26	382,74
LINS	16	Lins	628,22	7604,47		300	39	69,70		132,59	
MACEDÔNIA	3	Fernandópolis	583,99	7771,3	510	178	13,89	21,88	488,12	112,08	397,92
MARINÓPOLIS	3	Jales	519,3	7739,2	375	250	7,33	13,63	361,37	136,92	238,08
MARINÓPOLIS	4	Jales	519,9	7738,3	360	230	29	19,58	340,42	118,61	241,39
MIRA ESTRELA	4	Fernandópolis	592,85	7790,05	380	143	10,7	3,48	376,52	94,6	285,40
MIRA ESTRELA	5	Fernandópolis	593,6	7790,1	390	150	2,77	6,73	383,27	100,4	289,60
MIRA ESTRELA	6	Fernandópolis	594,1	7790,9	380	180	4,82	5,59	374,41	112,43	267,57
MIRA ESTRELA	7	Fernandópolis				182	3,6	2,8		66,87	
MIRA ESTRELA	8	Fernandópolis	595,65	7793,65	360	274	1,7	9	351,00	97	263,00
MONTE ALTO	1	Monte Alto	745,05	7649,15	520	121	10,5	0		71	
NOVA GRANADA	5	Fernandópolis	676,75	7729,15	480	210	18,5	0	480,00	76,9	403,10
NOVA GRANADA	4	Fernandópolis	676,15	7727,6	500	209	21,4	12,96	487,04	105,04	394,96
NOVO HORIZONTE	2	Novo Horizonte	664,65	7626,65	440	180	10,42	28		92,23	
PALMEIRA D'OESTE	8	Jales	523,7	7742,15	400	205	9,77	30,57	369,43	101,86	298,14

MUNICÍPIO	Poço	Divisão	UTM W	UTM N	Cota	Prof.	Vazão	N.E.	Cota NE	N.D.	Cota ND
PALMEIRA D'OESTE	9	Jales	523,5	7741,4	390	201,5	12,3	0,73	389,27	93,83	296,17
PALMEIRA D'OESTE	1	Jales	527,5	7731,2	360	150,5	7	5,7	354,30	150,1	209,90
PEDRANOPOLIS	3	Fernandópolis	593,7	7759,1	430	150	3,2	2,19	427,81	114,5	315,50
PIRATINGA	1	Novo Horizonte	683,75	7515,95	540	154	12	40,68	499,32	88,86	451,14
POLONI	4	Lins	623	7700,6	540	190	14,4	12,41	527,59	105,78	434,22
POLONI	6	Lins	622,85	7699,55	510	252	22,8	27	483,00	160,21	349,79
PONTALINDA	1	Jales	550	7739,65	380	150	11,1	2,66	377,34	67,61	312,39
POPULINA	1	Jales	556,6	7739,25	410	132	22,6	25,85	384,15	66,54	343,46
RUBIACEA	1	Lins	528	7644,6	425	145	8,5	14	411,00	48,7	376,30
RUBINEIA	1	Jales	495,05	7755,35	340	150	5,65	0,8	339,20	21,64	318,36
SANTA ERNESTINA	6	Monte Alto	770,75	7624,55	540	217,25	46,6	41,65	498,35	87,27	452,73
SANTANA DA PONTE PENSEA	2	Jales	521,32	7760,49	434	185	4,6	23,4	410,60	118,6	315,40
SANTANA DA PONTE PENSEA	3	Jales	521,5	7760,2	410	220	12,9	44,44	365,56	118,82	291,18
SUD MENUCCI	4	Jales	510,3	7711,5	350	150	10	0,27	349,73	99	251,00
TRES FRONTEIRAS	2	Jales	510,8	7762,5	380	220	0,46	0,68	379,32	128,23	251,77
UNIAO PAULISTA	2	Lins	614,85	7689,9	480	170	14,94	49,64	430,36	103,42	376,58
URANIA	4	Jales	537,5	7761,35	450	109,21	18,8	24,27	425,73	69,84	380,16
URANIA		Jales			430	75	13,65	4,56	425,44	60,54	369,46
URANIA		Jales			460	115,56	17,21	10,2	449,80	96,4	363,60

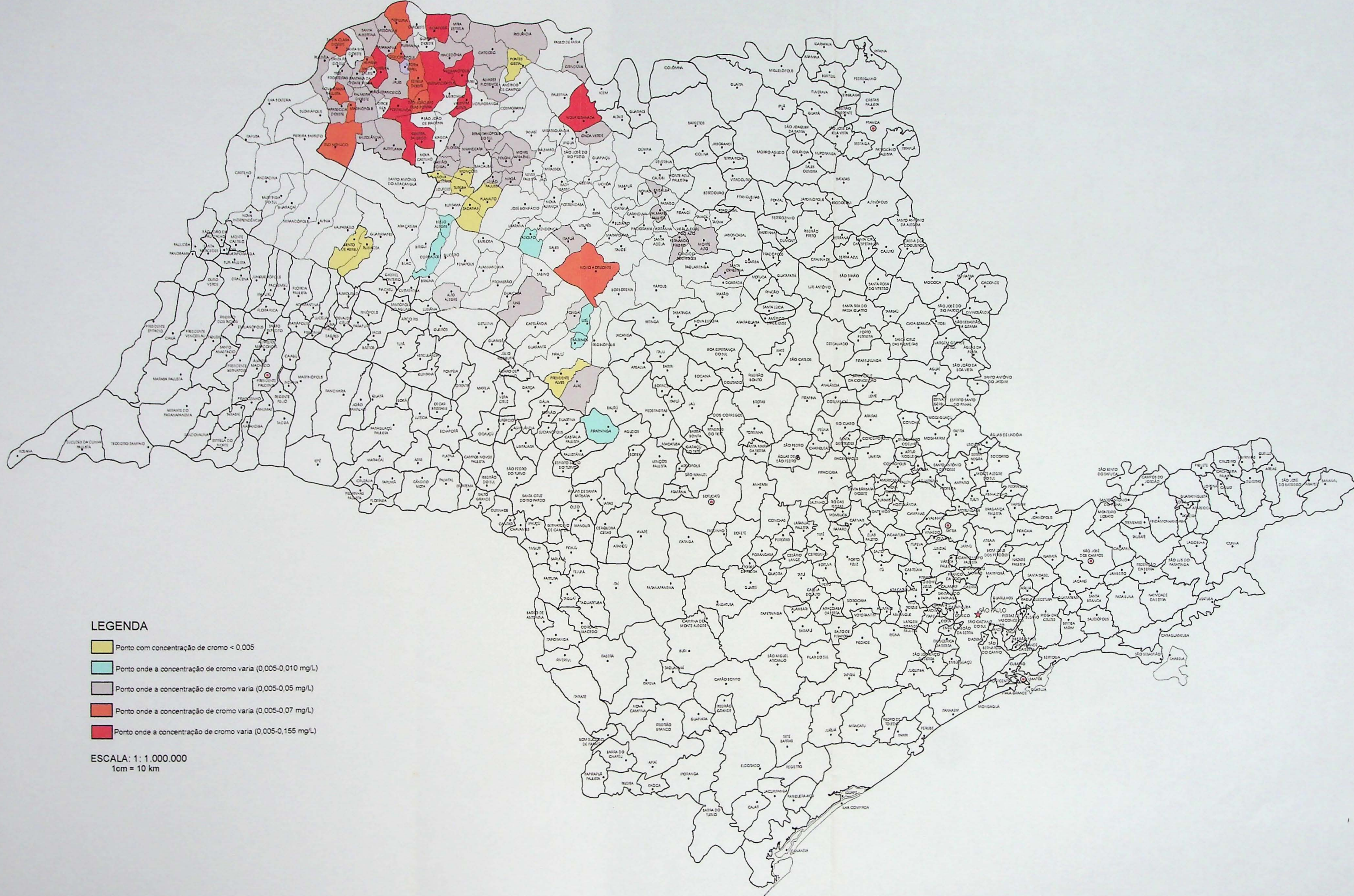
MUNICÍPIO	s	Q/s	Espessura do Bauru	Espessura Saturada	Topo Filtro	Cota topo filtro	Prof, Base Filtro	Cota base do filtro	CROMO	pH25°	Temp (°C)
APARECIDA D'OESTE			110		31,07	308,93	106,26	233,74	0,032	8,0	24
BALBINOS	91,41	0,0746	78,5	61,30	30,67	419,33	79,32	370,68	0,007	7,8	
CARDOSO	110,70	0,0467	82	63,50	35,00	435,00	84,05	385,95	0,006	7,6	22
CARDOSO	88,90	0,1350	56	51,70	14,90	415,10	54	376,00	0,037	7,0	26
DOLCINOPOLIS	56,02	0,7069	64	55,70	34,78	395,22	64,53	365,47	0,060	8,8	25
ESTRELA D'OESTE	26,65	1,4859	57,7	45,70	40,00	390,00	58,15	371,85	0,041	9,4	21
ESTRELA D'OESTE	24,98	1,5092	61	37,24	45,00	385,00	60,55	369,45	0,042	9,4	21
FERNANDO PRESTES	115,00	0,0609	62	62,00	32,70	450,30	76,5	406,50	0,023	7,9	
FERNANDO PRESTES	93,50	0,0791	72	71,70	37,50	447,50	68	417,00	0,032	8,3	
FLOREAL	76,23	0,2361	85,5	73,23	37,36	412,64	81	369,00	0,014	8,1	24
FLOREAL	4,30	3,6837	107	1,20	51,75	433,25	99,33	385,67	0,043	9,2	24
GASTAO VIDIGAL	17,38	3,7975	58	9,97	39,80	360,20	55,8	344,20	0,033	9,0	28
IRAPUÁ	59,22	0,3158	78	45,67	37,11	387,89	66,33	358,67	0,032	8,8	
IRAPUÁ	82,96	0,1736	74	53,02	34,17	375,83	70,25	339,75	0,041	8,8	26
LINS	86,29	0,1836	84	83,67	21,37	388,63	26,62	383,38	0,037	8,0	24
LINS	9,45	4,6561	100	27,19	28,00	437,00	97,35	367,65	0,031	8,3	
LINS			98		50,23				0,015	8,3	
MACEDÔNIA	90,20	0,1540	172	150,12	55,19	454,81		510,00	0,010	7,9	
MARINÓPOLIS	123,29	0,0595	117,6	103,97	47,48	327,52	110,47	264,53	0,003	8,1	20
MARINÓPOLIS	99,03	0,2928	119	99,42	39,34	320,66	118,32	241,68	0,032	10,3	22
MIRA ESTRELA	91,12	0,1174	54	50,52	31,90	348,10	53,92	326,08	0,005	8,0	
MIRA ESTRELA	93,67	0,0296	66	59,27	38,12	351,88	66,3	323,70	0,024	8,0	28
MIRA ESTRELA	106,84	0,0451	53	47,41	6,00	374,00	16,74	363,26	0,010	7,9	
MIRA ESTRELA	64,07	0,0562	50	47,20	35,00		49		0,002	7,4	
MIRA ESTRELA	88,00	0,0193	60	51,00	16,00	344,00	60	300,00	0,030	7,4	27
MONTE ALTO	71,00	0,1479	75	75,00	42,32	477,68	72,37	447,63	0,034	9,4	
NOVA GRANADA	76,90	0,2406	94	94,00	50,50	429,50	90	390,00	0,042	8,6	
NOVA GRANADA	92,08	0,2324	124	111,04	54,34	445,66	115,24	384,76	0,033	7,2	
NOVO HORIZONTE	64,23	0,1622	72	44,00	37,17	402,83	68,24	371,76	0,074	7,9	23

MUNICÍPIO	s	Q/s	Espessura do Bauru	Espessura Saturada	Topo Filtro	Cota topo filtro	Prof, Base Filtro	Cota base do filtro	CROMO	pH25°	Temp (°C)
PALMEIRA D'OESTE	71,29	0,1370	128	97,43	30,98	369,02	110,99	289,01	0,018	8,2	26
PALMEIRA D'OESTE	93,10	0,1321	120	119,27	29,88	360,12	119	271,00	0,032	7,9	
PALMEIRA D'OESTE	144,40	0,0485	96	90,30	44,42	315,58	66,05	293,95	0,031	8,2	
PEDRANOPOLIS	112,31	0,0285	83,7	81,51	50,36	379,64	80,35	349,65	0,041	10,4	26
PIRATININGA	48,18	0,2491	86	45,32	48,81	491,19	86,13	453,87	0,006	8,5	22
POLONI	93,37	0,1542	143,5	131,09	57,40	482,60	124	416,00	0,002	7,7	28
POLONI	133,21	0,1712	101	74,00	30,62	479,38	85,68	424,32	0,008	8,1	24
PONTALINDA	64,95	0,1709	80	77,34	39,23	340,77	81,34	298,66	0,047	8,3	26
POPULINA	40,69	0,5554	53,35	27,50	32,38	377,62	53,34	356,66	0,052	8,3	26
RUBIACEA	34,70	0,2450	95	81,00	14,00	411,00	33	392,00	0,002	6,30	
RUBINEIA	20,84	0,2711	34	33,20	34,00	306,00	39	301,00	0,016	6,60	24
SANTA ERNESTINA	45,62	1,0215		-41,65	168,90	371,10	211,4	328,60	0,002	7,80	26
SANTANA DA PONTE PENSEA	95,20	0,0483	120	96,60	33,90	400,10	151,9	282,10	0,008	7,90	
SANTANA DA PONTE PENSEA	74,38	0,1734	67,5	23,06	37,64	372,36	70	340,00	0,021	8,90	
SUD MENUCCI	98,73	0,1013	110	109,73	24,20	325,80	106,7	243,30	0,039	6,00	22
TRES FRONTEIRAS	127,55	0,0036	42,7	42,02	25,39	354,61	42,46	337,54	0,013	7,90	
UNIAO PAULISTA	53,78	0,2778	122,5	72,86	45,91	434,09	120,09	359,91	0,023	8,20	26
URANIA	45,57	0,4126	102,6	78,33	69,22	380,78			0,090		
URANIA	55,98	0,2438	66	61,44	44,20	385,80			0,108		
URANIA	86,20	0,1997	117	106,80	59,81	400,19			0,104		

MUNICÍPIO	Cond (microS)	ALCALIN HCO3	SO4- 2	Cl-	NO3-	F-	Ca+2	Mg+2	Na+	K+	Ba+2	Fe+3	Mn+2	Al+3
APARECIDA D'OESTE	125	76		3,7	0,02	0,58					0,04	0,13	0,005	0,020
BALBINOS	185	93	1	2,9	0,02	0,15	68,00	13,00			0,16	0,78	0,045	0,015
CARDOSO	340	136		8,3	4,80	0,10					0,16	0,24	0,045	0,015
CARDOSO	150	74		5,5	1,10	0,15					0,18	0,33	0,021	0,015
DOLCINOPOLIS	191	83	13	5,7	0,02	0,30	20,20	5,10	34,4	1,0	0,30	0,57	0,015	0,015
ESTRELA D'OESTE	250	118	5	4,5	0,55	0,15	8,60	21,40			0,03	0,34	0,005	0,015
ESTRELA D'OESTE	245	115	4	4,1	0,64	0,15	12,40	6,40			0,03	0,20	0,005	0,015
FERNANDO PRESTES	240	90		12,6	4,00	0,25					0,08	0,03	0,005	0,030
FERNANDO PRESTES	170	71		4,3	0,02	0,15					0,07	0,15	0,005	0,015
FLOREAL	240	122	1	2,5	0,54	0,26	82,80	38,40			0,06	0,09	0,045	0,015
FLOREAL	281	140	5	4,0	0,02	0,36	10,00	18,00	63,0	1,0	0,30	0,26	0,015	0,040
GASTAO VIDIGAL	346	128	54	9,0	0,10	0,86	12,10	3,80	86,0	1,0	0,15	0,64	0,015	0,015
IRAPUÁ	125	61	1	3,4	0,08	0,15	10,80	0,60			0,03	0,09	0,005	0,015
IRAPUÁ	90	51	1	3,5	0,05	0,15	13,90	1,20			0,07	1,20	0,029	0,015
LINS	310	95	1	13,1	6,80	0,15	55,00	20,00			0,19	0,07	0,110	0,015
LINS	185	99	1	3,5	0,02	0,15	54,70	13,80			0,03	0,68	0,005	0,015
LINS	168	113	48	5,9	0,90	0,18	57,60					2,00	0,020	
MACEDÔNIA	160	77	1	5,0	0,02	0,15	58,00	12,00			0,25	0,21	0,045	0,015
MARINÓPOLIS	238	104	19	7,6	0,09	0,63	41,00	17,10	31,0	2,2	0,30	1,40	0,020	0,015
MARINÓPOLIS		286	7	3,9	0,00	0,88	5,00	1,00	118,0	1,0	0,30	1,40	0,020	
MIRA ESTRELA		100		4,1	0,29	0,20					0,05	0,11	0,015	
MIRA ESTRELA	210	108	1	3,3	0,27	0,20	36,40	14,40			0,06	0,83	0,005	0,015
MIRA ESTRELA	290	134	4	2,7	0,11	0,27	93,20	4,90			0,05	0,04	0,050	0,015
MIRA ESTRELA	240	131	1	4,3	0,04	0,15	59,50	29,30	19,0	1,4	0,10	0,07	0,030	0,015
MIRA ESTRELA		131	50	10,0		0,35						0,16		0,010
MONTE ALTO	190	103		4,4	0,04	0,33					0,03	0,16	0,005	0,040
NOVA GRANADA	257	136	1	6,7	0,04	0,15	114,00	26,00	3,0	4,6	0,17	0,05	0,090	0,015
NOVA GRANADA	195	96	1	3,3	0,07	0,15	92,00	3,00	6,0	5,0	0,09	1,90	0,110	0,015
NOVO HORIZONTE	440	57	110	6,2	0,04	0,50	35,20	5,00			0,06	0,52	0,005	0,015

Anexo 2

Mapa do estado de São Paulo mostrando as concentrações de cromo na água subterrânea da região noroeste.



LEGENDA

- Ponto com concentração de cromo < 0,005
- Ponto onde a concentração de cromo varia (0,005-0,010 mg/L)
- Ponto onde a concentração de cromo varia (0,005-0,05 mg/L)
- Ponto onde a concentração de cromo varia (0,005-0,07 mg/L)
- Ponto onde a concentração de cromo varia (0,005-0,155 mg/L)

ESCALA: 1: 1.000.000
1cm = 10 km

Figura 05 - Mapa do estado de São Paulo mostrando as concentrações de cromo nas águas subterrâneas da região noroeste.
Fonte: SABESP (Companhia Estadual de Saneamento Básico) Diretoria de Sistemas Regionais - Junho/2007.

DOAÇÃO

IGC-USP

Data: 02/05/08

