

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

**VIABILIDADE DO RECURSO HÍDRICO SUBTERRÂNEO PARA O
ABASTECIMENTO DA CIDADE UNIVERSITÁRIA – CAMPUS BUTANTÃ,
USP**

Tatiana Ayumi Numada

Orientadora: Profa. Dra. Veridiana T. de S. Martins

Co-orientador: Msc. Ricardo A. Hirata

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2016 / 44)

SÃO PAULO
2016

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

VIABILIDADE DO RECURSO HÍDRICO SUBTERRÂNEO PARA O
ABASTECIMENTO DA CIDADE UNIVERSITÁRIA – CAMPUS BUTANTÃ,
USP

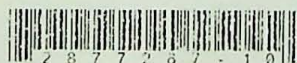
Tatiana Ayumi Numada



Orientadora: Profa. Dra. Veridiana T. de S. Martins

Coorientador: Msc. Ricardo A. Hirata

IGc-Instituto de Geociências



Viabilidade do recurso hídrico subterrâneo para o
abastecimento da Cidade Universitária - campus

T27107

MONOGRAFIA DE TRABALHO DE FORMATURA
(TF-2016 / 44)

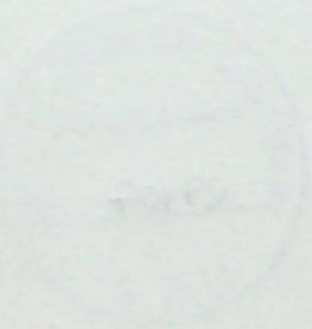
SÃO PAULO
2016

TF
N971
TA. v

INSTITUTO DE GEOLOGIA

ABASTECIMENTO DA CIDADE DE RIO DE JANEIRO - LAMPADEIRA

1971



INSTITUTO DE GEOLOGIA

Coordenador Geral: Eng.º Roberto de Sá

Coordenador de Projetos: Eng.º

COORDENADOR DE PROJETOS

1971

1971

1971

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer meus orientadores Profa. Verdiana e Prof. Ricardo pela oportunidade de trabalhar neste projeto, apoio, reflexões e ensinamentos. Agradeço o CEPAS e a SEF-USP por financiarem o projeto e oferecer suporte durante todo o ano, ao José Eduardo da Gestão Ambiental do Campus, pela disponibilidade e informações trocadas, ao Antônio Pinhatti pela sua contribuição no trabalho.

A todos os funcionários do IGc o meu obrigada, em especial o Paulinho do LAMO, Eli do Laboratório de análises químicas e as meninas da biblioteca por me auxiliarem quando eu estava perdida. A todos os professores do IGc que participaram do meu amadurecimento e aprendizado até aqui. Ao IGc e a USP por me proporcionar momentos inesquecíveis e uma visão mais ampla do mundo. Estudar aqui foi um sonho que, infelizmente, ainda é para poucos.

Agradeço aos meus ancestrais por sempre cuidarem de mim onde quer que estejam. Aos meus pais, sou eternamente grata pelo amor incondicional, pelo esforço e dedicação oferecidos e terem me apoiado de todas as maneiras e em todos os momentos. A Lena e meu irmão por serem meus companheiros para a vida. Aos meus avós, tios, tias, primos e primas, por me mostrarem que uma família unida é uma das melhores coisas nesta vida. Também não posso deixar de agradecer minha família de coração: Nanci, Moacir, Lucas, Leo, Ju, Ba Takei e Ba Kawata que me acolheram em um dos momentos mais delicados e cuidaram do nosso Kenzo quando eu saía para os campos da graduação ou simplesmente, quando eu precisava.

Ao meu filho, Kenzo, por ser minha motivação e minha razão de viver. Obrigada pelo carinho e sorrisos que me enchem de alegria. Ao Marcelo, pelo apoio, compreensão, gentileza e paciência nas minhas horas de desespero.

As minhas amigas que a Geologia me proporcionou, Intrudida, Yumi, Mimosa, Tetê, pelos trabalhos em grupo, companheirismo em campo, festas, BIFEs, almoços extremamente saudáveis, risadas, desabafos. Aos meninos da 'diretoria' pelos campos, festas e gargalhadas. As meninas do fôlei, pelas horas de descontração. À toda a geoatlética, pela animação, festas e esforços dedicados para esporte universitário. O martelão não pode ser apenas um sonho!

As minhas amigas da vida que me acompanham desde pequena, Tati, Thaís, Cynthia e Jaque. Obrigada pelo carinho e companheirismo sempre.

Sem o apoio de todos vocês, eu não seria e estaria onde estou.

RESUMO

A crise hídrica de 2014 e 2015 na Região Sudeste somada à crise econômica da USP, contribuiu para a busca de fontes alternativas ao consumo da água da SABESP, voltada para o abastecimento interno da Cidade Univesitária. No ano de 2015, a SEF (Superintendência do Espaço Físico da USP) reativou três poços produtores no Campus e a previsão é de que outros dois poços sejam reativados até o final de 2016. É neste contexto que o CEPAS (Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas) pretende contribuir com o levantamento e interpretação de dados gerados durante a reativação dos poços. A fim de viabilizar este recurso para consumo de modo sustentável é necessário compreender a hidráulica do aquífero explotado e a composição físico-química das águas subterrâneas. Para isto, o trabalho propõe a aplicação de ferramentas físico- químicas e o uso de isótopos estáveis de H e O, em amostras coletadas dos poços profundos já reativados pela SEF. As análises físico- químicas indicam que as águas do Campus são ácidas, pouco condutivas e predominantemente bicarbonatadas sódicas a cálcicas. De acordo com laudos físico-químicos e bacteriológicos, a qualidade das águas em geral mostrou-se satisfatória, porém alguns parâmetros analisados como o pH, ferro e turbidez estavam um pouco acima dos padrões de potabilidade exigidos no Estado de São Paulo. Os isótopos de H e O indicam uma composição intermediária entre os períodos seco e úmido da chuva no Campus. Também foi realizadas análises dos testes de bombeamento dos poços reativados pela SEF, em que se utilizou do método de Jacob para a interpretação de testes escalonados e do método de Cooper- Jacob para a obtenção gráfica de parâmetros de transmissividade (T) e condutividade hidráulica (K) do aquífero sedimentar explorado. Os valores obtidos mostram a influência das lentes lamíticas intercaladas no pacote arenoso. A soma das vazões ótimas de exploração para os três poços reativados é de $61,5 \text{ m}^3/\text{h}$ e equivale a 61,5 % da demanda média mensal para o ano de 2015, calculada em torno de 60.000 m^3 . O aspecto econômico é um importante fator de decisão e foi revelado um cenário positivo e promissor para as águas subterrâneas, ao comparar seus custos com o montante pago pela água da SABESP.

ABSTRACT

The water crisis of 2014 and 2015 in the Southeast region and the USP Economic crisis contributed to the search for alternative sources other than SABESP's water, for the domestic supply of the campus. In 2015, SEF (Superintendence of USP Physical Space) reactivated three artesian Wells and they seek to reactivate two wells until the end of 2016. In this context, CEPAS (Water Research Center subterranean) intends to contribute to the survey and data interpretation generated during the reactivation of wells. In order to enable this resource as a sustainable feature, it requires an understanding of the hydrodynamics of exploited aquifer and Physical Chemistry Composition of Groundwater. To accomplish the purpose, the project will apply physico-chemical tools and stable isotopes of H and O in samples collected from deep wells already reactivated by SEF. The physico- chemical analysis indicates that the groundwater in Campus is acid, has low conductivity and is predominantly classified as bicarbonate sodic calcic one. According to the physical, chemical and bacteriological reports, the quality of groundwater was satisfactory, however some parameters analyzed as pH, iron and turbidity exceeded the potability standards required in the state of São Paulo. Isotopes H and O indicate an intermediate composition between dry and damp periods in the Campus. Pumping tests processed on reactivated wells by SEF was also analyzed and the Jacob method was used to acquire the interpretation of multistage tests. The Cooper-Jacob method was used to obtain the transmissivity (T) and hydraulic conductivity (K) of the exploited sedimentary aquifer. These values showed the influence of mud lenses interspersed in sandy package. The sum of exploitable flow for the three reactivated wells is 61.5 m³ / h, equivalent to 61.5% of the average Monthly demand for 2015, estimated at around 60,000 m³. The Economic Aspect is a deciding factor for the viability of the groundwater and it was revealed to be a promising and positive scenario when comparing costs with the amount paid by SABESP's Water.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
2. OBJETIVOS	7
3. Justificativa	8
4. Localização da área de estudo	8
5. Revisão Bibliográfica	10
5.1. Teste de bombeamento.....	10
5.2. Cálculo de parâmetros hidráulicos.....	12
5.3. Hidrogeoquímica	12
5.4. Isótopos estáveis.....	13
5.5. A Bacia hidrográfica do Alto Tietê.....	14
5.5.1. Hidrogeologia.....	14
5.6. A Cidade Universitária USP.....	17
5.6.1. Contexto hidrogeológico	17
5.6.2. Hidrodinâmica	17
5.6.3. Hidroquímica.....	19
6. Materiais e métodos.....	20
6.1. Levantamento e tratamento de dados	20
6.2. Amostragem da água subterrânea	21
6.3. Análises físico- químicas	22
6.4. Análises químicas	22
6.5. Análises isotópicas.....	23
7. Resultados.....	23
7.1. Banco de dados	23
7.2. Consumo de água na Cidade Universitária	27
7.3. Estimativa de custos da água subterrânea na USP	28
7.4. Análises de testes de bombeamento.....	30
7.5. Cálculo de parâmetros hidráulicos.....	33
7.6. Hidrogeoquímica	35
7.7. Isótopos estáveis.....	38

8. interpretação e discussão dos resultados	40
9. conclusões.....	43
10. Referências bibliográficas	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: (A) Imagem da Cidade Universitária- USP com a localização dos poços produtores. (B) Imagem do município de São Paulo, com a área de estudo demarcada em preto. Ambas as imagens foram extraídas da plataforma Google Earth, em 2016.....	8
Figura 2: Mapa do Estado de São Paulo segundo a divisão do território em UGRHIs (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) numeradas de 1 a 22. A área de estudo está inserida na UGRHI 6-Alto Tietê. Fonte: Cunha <i>et al</i> , 2013.....	9
Figura 3: Mapa de altitudes no Campus Butantã-USP, delimitado em linha tracejada preta. Extraído de: http://pt-br.topographic-map.com/places/Brasil-3848555/	10
Figura 4: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Retirado de FUSP, 2002.	15
Figura 5: Mapa de isoespessuras de sedimentos e localização dos poços de observação e produtores na Cidade Universitária.....	24
Figura 6: Gráfico de Demanda por Ano. Evolução do consumo de água na Cidade Universitária USP desde a criação do PURA, em 1998.	27
Figura 7: Gráfico $s/Q \times Q$ com tendência linear observada por uma reta que representa a equação característica do poço PP1.....	31
Figura 8: Gráfico $S \times t$ em papel monolog para o poço produtor PP4.....	32
Figura 9: Gráfico $S \times t$ em papel monolog para o poço produtor PP5.....	33
Figura 10: Gráfico de rebaixamento (s) por tempo (minutos) e reta de tendência para os rebaixamentos com vazão constante de 40 m ³ /h. Método gráfico simplificado de Jacob para obter o parâmetro de transmissividade (T) em m ² /s.....	33
Figura 11: Gráfico de rebaixamento (s) por tempo (minutos) e reta de tendência para os rebaixamentos com vazão constante de 20 m ³ /h. Método gráfico simplificado de Jacob para obter o parâmetro de transmissividade (T) em m ² /s.....	34
Figura 12: Diagramas de <i>Stiff</i> das águas analisadas no CEPAS. (A) Poço PP1; (B) Poço PP4; (C) Poço PP5 e (D) Poço PP7.....	36
Figura 13: Diagrama de <i>Piper</i> para as amostras de água analisadas no CEPAS dos poços PP1, PP4, PP5 e PP7.....	37
Figura 14: Comparação isotópica das águas dos poços PP1, PP4 e PP5 com dados de Viviani- Lima (2007) que abrangem valores mensais de $\delta^{18}O$ e δ^2H na água da chuva da Cidade Universitária da USP, reta global (GMWL, Craig 1961), médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm) e média para os poços instalados na Cidade Universitária. Modificado de Viviani- Lima (2007).	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Comparação histórica de parâmetros químicos e físico-químicos dos poços PP1, PP4, PP5, PP7 e PP8.....	25
Tabela 2: Continuação da comparação histórica de parâmetros químicos e físico-químicos dos poços PP1, PP4, PP5, PP7 e PP8.	26
Tabela 3: Contabilização simplificada dos custos envolvidos no caso 1.	29
Tabela 4: Caso 1: Comparação de valores entre a água subterrânea e a água concedida pela SABESP.....	30
Tabela 5: Contabilização simplificada dos custos envolvidos no caso 2.	30
Tabela 6: Caso 2- Comparação de valores entre a água subterrânea e a água concedida pela SABESP.....	30
Tabela 7: Obtenção do rebaixamento específico (s/Q) em m/m ³ /h durante teste escalonado.	31
Tabela 8: Valores isotópicos de H e O, em permil, para as águas dos poços reativados pela SEF em 2015.....	38

ANEXOS

Anexo I- Resultados de análises químicas dos poços PP1, PP4, PP5 com dados cedidos pelo relatório interno da Superintendência do Espaço Físico da USP, e do poço PP9 por Ricardo Hirata.

Anexo II- Resultados de análises químicas de água subterrânea realizadas no Laboratório de Hidroquímica do Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas (CEPAS) do IGc- USP para os poços PP1, PP4, PP5 e PP7.

Anexo III- Demanda de água no Campus por Unidade e Ligação e os respectivos gastos com as águas da SABEP.

Anexo IV- Custos relacionados à instalação, operação e manutenção de poços tubulares profundos para os casos 1 e 2.

Anexo V- Ficha de cadastro de poço com planilhas de teste de bombeamento e informações construtivas e litológicas dos poços PP1, PP4 e PP5. Adaptada de Relatório interno da SEF-USP, 2015.

Anexo VI- Perfis litológicos e construtivos dos poços PP1, PP4, PP5 e PP6 (Modificados de Iritani, 1993) e dos poços PP7 e PP8 (Modificados de Jundsondas Consultoria).

Anexo VII- Quadro de relações iônicas para águas dos poços PP1, PP4, PP5 e PP7. Extraído e modificado do software Aquachem.

1. INTRODUÇÃO

Períodos cada vez maiores de estiagem e chuvas concentradas e de curta duração, na Região Sudeste, têm contribuído com a escassez de água nos reservatórios, culminado com a crise hídrica de 2014 e 2015. Este panorama fez com houvessem mudanças no plano de gestão da água da Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO).

O abastecimento interno do Campus é feito pelo Sistema Cantareira (SABESP, 2016) consorciada pela SABESP e, segundo a Prefeitura do Campus da USP da Capital (PUSP-C) algumas medidas como a intensificação na inspeção das redes da Sabesp, para evitar desperdícios com vazamentos, e utilização da água de reuso da Raia Olímpica estavam sendo tomadas a fim de amenizar os efeitos da crise hídrica.

Outra opção à economia de água da rede pública de abastecimento seria o uso da água subterrânea. Iritani em 1993, analisando as características hidráulicas e físico-químicas de seis poços produtores no Campus, já havia sugerido a possibilidade de utilizar o recurso hídrico subterrâneo, como uma fonte complementar, uma vez que a soma das vazões desses seis poços equivaleriam a 18% do consumo total na época. Todavia, estes poços foram abandonados e não foram encontrados registros sobre a data e a razão disto ter ocorrido. Provavelmente por conta dos custos e da relação entre demanda e oferta de água.

Neste cenário, a reativação ou até a construção de novos poços artesianos podem ser uma alternativa atraente, pois diminuiria o consumo e conta de água da SABESP.

Com essa preocupação e frente à crise econômica que a USP vem sofrendo, a Superintendência do Espaço Físico da USP (SEF) reativou três poços produtores em 2015 e pretende reativar mais dois poços produtores até o final de 2016, com o intuito atender as necessidades do Campus. O CEPAS (Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas) foi convidado a auxiliar no levantamento e interpretação dos dados obtidos durante a reativação dos poços. Para isso foi disponibilizada uma bolsa de estágio, permitindo que este trabalho de formatura fosse desenvolvido.

Os recursos hídricos subterrâneos e superficiais são considerados bens públicos e para aproveitá-los é necessário, primeiramente, realizar um estudo hidrogeológico para a seleção do local onde o poço será perfurado; elaborar projeto construtivo do poço levando em consideração a geologia local, vazão esperada e qualidade da água, além de especificar os materiais que serão utilizados. Em seguida, deve-se adquirir licença de execução para perfuração dos poços tubulares profundos e por fim, solicitar uma autorização de uso, ou uma licença (outorga), ao poder público. No Estado de São Paulo, o órgão que fornece as licenças citadas é o DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica).

Segundo DAEE (2016), alguns dos itens necessários do pedido de outorga são:

"1) Formulários de requerimento segundo o tipo de uso (anexo de I a XVIII das Normas constantes da Portaria DAEE 717/96 e reti-ratificada no DOE de 17/01/2008)

2) Informações do empreendimento, documentos de posse ou cessão de uso da terra, do usuário;

3) Projetos, estudos e detalhes das obras acompanhados da ART (Anotação de Responsabilidade Técnica);

4) Protocolo/cópia da Autorização para Supressão de Vegetação Nativa e/ou Intervenção em Área de Preservação Nativa e da Licença de Instalação emitido pela CETESB, conforme o caso;

5) Relatório final de execução do poço, no caso de captação de água subterrânea, e relatório de avaliação de eficiência (RAE) do uso das águas;

6) Estudos de viabilidade (EVI) e cronograma de implantação no caso de empreendimentos;

7) Comprovante de pagamento dos emolumentos"

As principais formas de uso das águas subterrâneas são: abastecimento doméstico e industrial, agricultura (irrigação), pecuária e mineração. De modo geral, somente, as águas destinadas ao abastecimento doméstico e industrial requerem um tratamento prévio, pois há um grau maior de exigência na qualidade (Tundisi, 2005). A Resolução nº396 de 2008 da CONAMA divide as águas subterrâneas em seis classes de acordo com o padrão de qualidade, e isto possibilitaria o enquadramento de seu uso. Também é estipulado uma lista de parâmetros e seus respectivos VMP (valores máximos permitidos) e LQP (Limite de quantificação Praticáveis) para diferentes usos do recurso hídrico e ressalta que o órgão competente gestor pode acrescentar outros usos da água subterrânea ou substâncias que não constavam anteriormente. Em São Paulo, o órgão responsável pela fiscalização, monitoramento e licenciamento de atividades geradoras de poluição é a CETESB (Companhia de Tecnologia Ambiental do Estado de São Paulo).

Além dessas necessidades ligadas à outorga, ferramentas hidroquímicas e isotópicas podem fornecer informações sobre a qualidade da água (Freeze e Cherry, 1979; Szikzay, 1993; Clark e Fritz, 1997; Dias, 2005; Viviani- Lima, 2007; Martins, 2008), o que definirá seu uso, e sobre a recarga (Lerner, 1997, 2002; Custódio, 1998; Hirata *et al.*, 2002; Lima, 2002), o que pode ajudar a definir sua sustentabilidade.

Desta forma, para a obtenção desta outorga, a adequada gestão desse recurso e a indicação de possíveis locais para a construção de novos poços, são necessários conhecimentos como:

- a) compreensão do comportamento hidráulico do aquífero para se determinar a vazão máxima de exploração dos poços reativados;
- b) análise da hidrogeoquímica local, que auxiliará na identificação de possíveis contaminantes, classificação química das águas, direcionamento da categoria de uso destas águas e avaliação da interação água-rocha encaixante;
- c) análise isotópica que possibilitará verificar a influência natural e antrópica na recarga das águas extraídas dos poços reativados;
- d) histórico de demanda de água do Campus e custos da produção e monitoramento de água subterrânea;

2. OBJETIVOS

O objetivo do trabalho é a compreensão do comportamento hidráulico e químico das águas subterrâneas da Cidade Universitária e a viabilidade de uso deste recurso no abastecimento interno.

Deste modo, pretende-se:

- a) Levantar e organizar as informações disponíveis sobre poços existentes no CUASO. Um banco de dados será elaborado para compilar dados químicos, hidráulicos e geológicos dos poços e comparar com dados antigos;
- b) Interpretar os testes de bombeamento existentes para a avaliação da produtividade hídrica dos poços e dos aquíferos explorados;
- c) Calcular os parâmetros de transmissividade (T) e condutividade hidráulica (K) dos aquíferos explorados e comparar com os dados obtidos de trabalhos anteriores;
- d) Realizar análises químicas das águas de poços reativados e comparar com os dados pré-existentes levantados;
- e) Realizar análises isotópicas de H e O das águas de poços reativados e comparar com dados levantados em trabalhos anteriores;
- f) Calcular o custo de produção e monitoramento dos poços e comparar com o custo de água consumida da Sabesp;
- g) Avaliar a viabilidade do uso do recurso hídrico subterrâneo, como fonte principal de água no CUASO-USP.

Ao final, espera-se que o projeto contribua para a sustentabilidade do campus e possa direcionar estudos futuros.

3. JUSTIFICATIVA

Este trabalho é importante para promover o uso do recurso hídrico subterrâneo no Campus e em outros locais, podendo servir como referência de valoração e comparação de gastos com abastecimento de água.

Além disso, esse trabalho fornece dados importantes para um uso adequado do recurso hídrico, visando à sustentabilidade do campus, uma das metas que a reitoria da USP tem procurado atingir nos últimos anos.

4. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO) (Figura 1) localiza-se na zona oeste do Município de São Paulo, no Bairro Butantã e possui uma área de 3.648.944,40 m², com uma população total de 118.164 pessoas, de acordo com o Anuário estatístico de 2015 da Superintendência do Espaço Físico da USP (SEF).

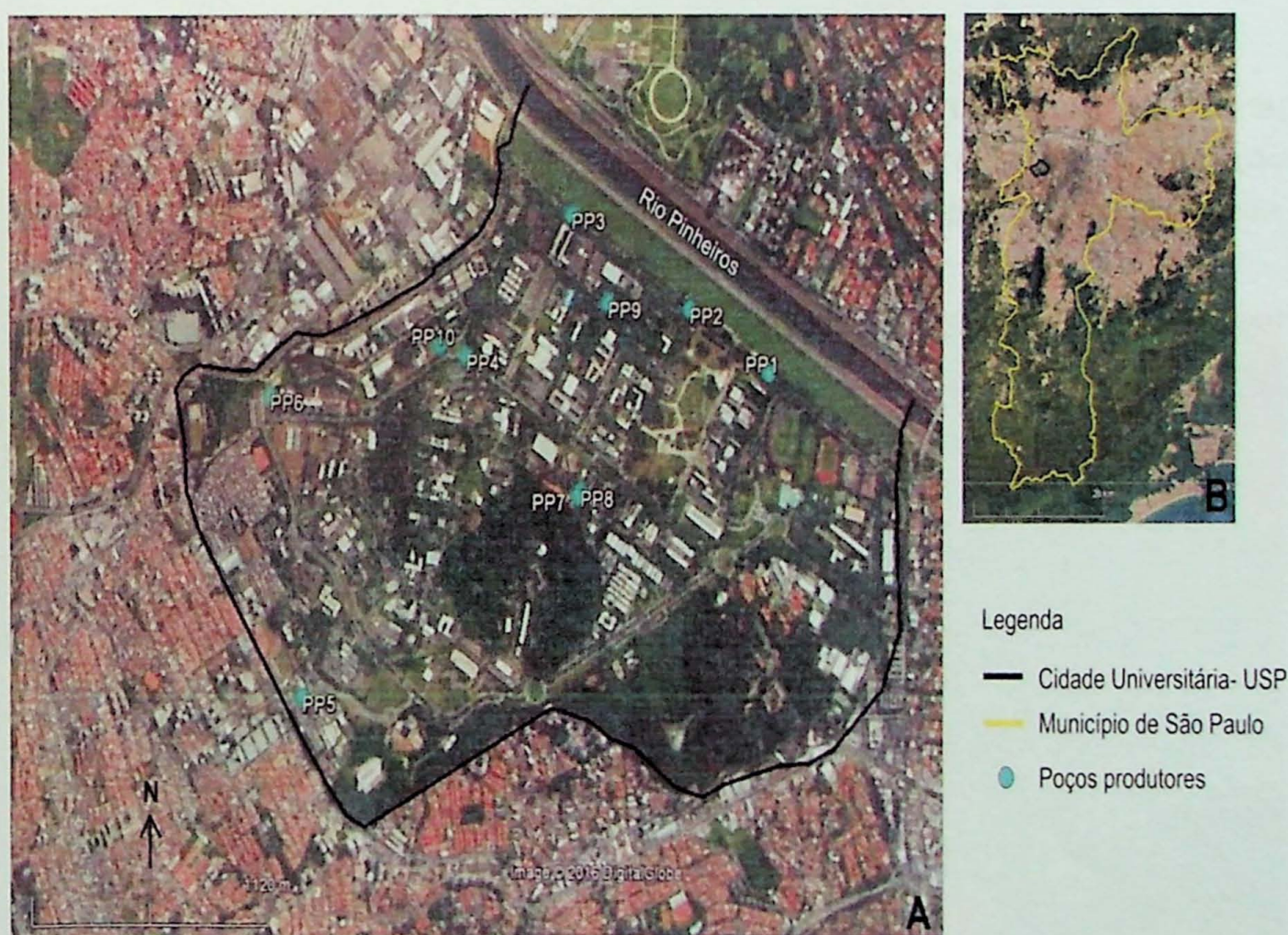


Figura 1: (A) Imagem da Cidade Universitária- USP com a localização dos poços produtores. (B) Imagem do município de São Paulo, com a área de estudo demarcada em preto. Ambas as imagens foram extraídas da plataforma Google Earth, em 2016.

A área estudada pertence à Bacia hidrográfica Alto do Tietê (BAT), corresponde à UGRHI 6 (Unidade Hidrográfica de Gerenciamento de Recursos Hídricos) do Estado de São Paulo (Figura 2). O Campus está inserido na sub-bacia Penha-Pinheiros desta UGRHI.

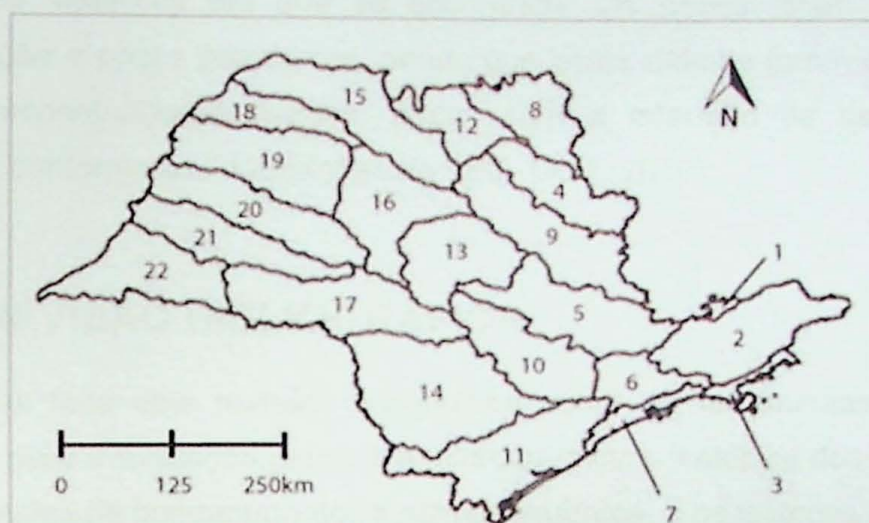
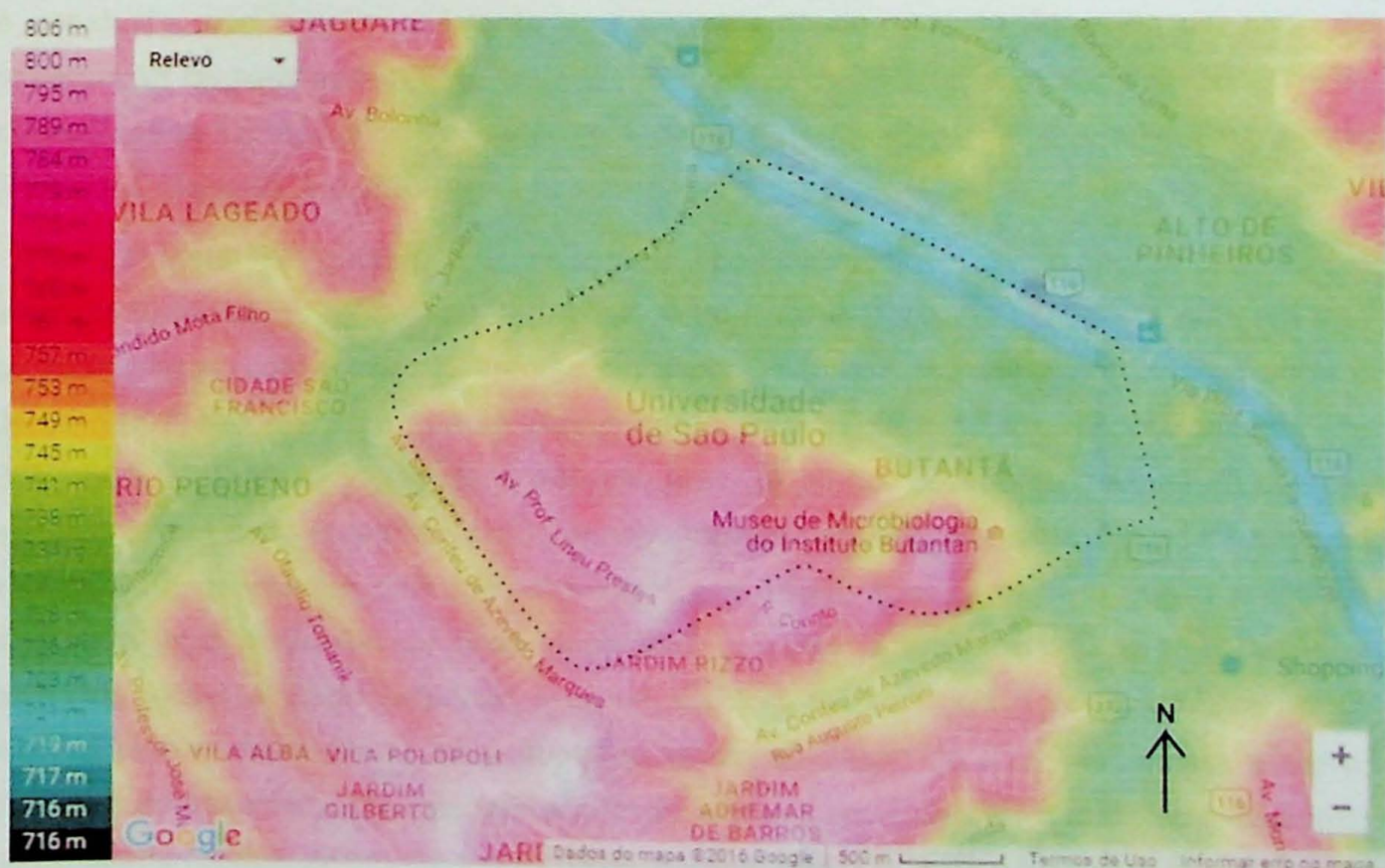


Figura 2: Mapa do Estado de São Paulo segundo a divisão do território em UGRHIs (Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos) numeradas de 1 a 22. A área de estudo está inserida na UGRHI 6-Alto Tietê. Fonte: Cunha *et al*, 2013.

Iritani (1993) dividiu topograficamente o Campus em dois blocos: a porção norte, caracterizada por uma topografia suave e cujo terreno compreendia a planície de inundação do Rio Pinheiros, antes de ser canalizado; e a porção sul, marcada por uma topografia mais íngreme e com maiores altitudes, conforme o mapa da figura 3.



Na figura 5 é possível ver a localização dos poços tubulares dentro do Campus e as diferentes situações em que se encontram. Os poços foram separados em poços de observação e poços produtores, sendo que estes últimos foram divididos em poços ativos, poços reconstruídos/reactivados, poços com a intenção de serem reativados e poços inativos, conforme as informações da SEF- USP (2016).

5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Foi feita uma revisão bibliográfica sobre as ferramentas que serão utilizadas no trabalho para a avaliação hidráulica, hidroquímica e isotópica dos poços. Essas ferramentas são os testes de bombeamento, a hidrogeoquímica, e os isótopos estáveis de ^2He e ^{18}O .

5.1. Teste de bombeamento

Os testes de bombeamento consistem em uma perturbação hidráulica no aquífero ao realizar a extração ou injeção de água (*slug tests*), causando uma mudança do nível da água, segundo Freeze & Cherry (1979). De acordo com Feitosa & Manoel Filho (2000), os testes de bombeamento através da extração de água podem ser classificados em geral: teste de aquífero e teste de produção.

O teste de aquífero é realizado com o bombeamento de um poço produtor cuja vazão é constante, e o acompanhamento do rebaixamento do nível da água em um poço de observação ou piezômetro. Este teste tem o objetivo de determinar a transmissividade (T), condutividade hidráulica (K) e coeficiente de armazenamento (S) do aquífero explorado (Feitosa & Manoel Filho, 2000).

O teste de produção consiste no bombeamento de um poço produtor e acompanhamento do rebaixamento produzido no mesmo poço. A execução é feita em três ou mais etapas com vazões diferentes em cada (Feitosa & Manoel Filho, 2000). Rocha e Jorba (2007) recomendam que as vazões da 1ª, 2ª e 3ª etapa sejam, respectivamente, de 30%, 60% e 100% da vazão de exploração prevista ou do rendimento máximo da bomba, sendo que em cada etapa, a vazão correspondente deve ser constante. Feitosa & Manoel Filho (2000) descrevem dois métodos diferentes: testes sucessivos, em que a bomba é desligada após o término de cada etapa para aguardar a recuperação do nível de água antes de iniciar a etapa seguinte; e testes escalonados, em que o bombeamento não é interrompido e desta forma há o aumento súbito de vazão de uma etapa para a outra. Também acrescentam que este último método é mais usado, pois é mais rápido de ser feito e isto acaba resultando em menores custos de operação.

Segundo Rocha & Jorba (2007), os testes de produção podem determinar a vazão ótima explorável, as perdas de carga e a eficiência de um poço. É recomendável que antes de iniciar o bombeamento, sejam feitas 3 medidas de nível de água com intervalo de 30 minutos, a fim de confirmar a posição do nível estático. Cada etapa de bombeamento deve durar até a estabilização do nível dinâmico, tendo geralmente uma duração de 6 a 8 horas. Nos poços com vazão prevista inferior a 10m³/h, sugere-se que o teste final possa ter um bombeamento ininterrupto com vazão constante e duração total de no mínimo 24 horas, já que as vazões estariam muito próximas entre uma etapa e outra. A medição do rebaixamento do nível de água deve ser feito com uma frequência de tempo que seja ajustada em uma escala logarítmica para interpretação posterior. Medidas de vazão devem ser feitas juntamente com as medidas de nível da água e tem o intuito de adequá-las e mantê-las constante em cada etapa. Para vazões previstas de no máximo 40m³/h podem ser usados tambores de 200 a 220 litros em geral, mas acima deste valor, a vazão deve ser determinada por vertedouros ou tubo de *Pitot*, com medidas contínuas.

Após o término do teste, a bomba é desligada e em seguida são tomadas medidas de recuperação do nível de água até atingir seu nível inicial ou por um período que não seja abaixo da metade do tempo total de bombeamento (Feitosa & Manoel Filho, 2000).

Existem muitos métodos de interpretação de testes de produção e cada um foi desenvolvido de acordo com um tipo e comportamento do aquífero explorado, além da relação com os sucessivos rebaixamentos.

Um dos métodos muito usados é o método de Jacob e este é recomendado para interpretar testes escalonados, segundo Rocha & Jorba (2007). Isto ocorre, pois o rebaixamento real durante a extração de água de um poço abrange as perdas de carga no aquífero e no poço e são regidas, aproximadamente, pela equação:

$$s = BQ + CQ^2 \quad \text{Equação (1.0)}$$

Onde s é o rebaixamento real medido em um poço em metros, Q é a vazão em m³/h, B é o coeficiente de perdas do aquífero resultante do tempo de bombeamento e C é o coeficiente de perdas do poço, independente do tempo de bombeamento. Deste modo, outra forma de se obter a equação dos rebaixamentos é dividindo a Equação (1.0) pela vazão Q :

$$s/Q = B + CQ \quad \text{Equação (1.1)}$$

Sendo s/Q = rebaixamento específico. Através desta Equação (1.1) podem-se obter os coeficientes de perda de carga ao representa-la em um gráfico (Rocha & Jorba, 2007).

Todavia, segundo Feitosa & Manoel Filho (2000) o modelo conceitual desta metodologia é para aquífero confinado não drenante, com regime transitório, sendo que o teste de aquífero exige o acompanhamento de, no mínimo, um poço de observação. Na

prática ele é muito utilizado para obter os parâmetros encontrados acima em aquíferos livres, devido à facilidade gráfica de obtê-los, sem depender deste poço de observação. A Solução de Neuman, solução própria para aquíferos livres, necessita de poços de observação para obter estes dados, de acordo com Freeze & Cherry (1979),

A presença de um poço de observação serviria para o cálculo do coeficiente de armazenamento (S) no método de Jacob, mas os parâmetros mostrados acima independem disto. O coeficiente de armazenamento seria o último elemento a ser encontrado.

5.2. Cálculo de parâmetros hidráulicos

Os parâmetros a serem calculados neste projeto são a transmissividade (T) e condutividade hidráulica (K) do aquífero explorado, através do método de Cooper-Jacob. De forma breve, inicialmente é elaborado um gráfico de rebaixamento (em metros) por tempo (minutos em escala logarítmica). Os rebaixamentos seriam resultado do bombeamento do poço com vazão constante. Uma reta é ajustada para os pontos plotados e é necessário determinar nela, a variação do rebaixamento em um ciclo logarítmico (Δs), em metros. Desta forma, obtém-se a transmissividade (T) em m^2/s :

$$T = 0,183Q / \Delta s \quad \text{Equação (1.2)}$$

Em que Q é a vazão constante em m^3/s .

Logo, a condutividade hidráulica (K) em m/s será:

$$K = T/b \quad \text{Equação (1.3)}$$

Onde b é a espessura do aquífero em metros.

O coeficiente de armazenamento (S) seria obtido em seguida, desde que um poço de observação tenha acompanhado o teste de aquífero, pois depende da distância do centro do poço bombeado até o local de medição do rebaixamento (r), em metros, conforme:

$$S = 2,25xT \times t_0 / r^2 \quad \text{Equação (1.4)}$$

Onde t_0 é tempo de rebaixamento nulo.

5.3. Hidrogeoquímica

De maneira geral, a água encontrada na natureza pode ser composta por: i) constituintes maiores (acima de 5 mg/L), representados pelo cálcio, sódio, magnésio, potássio, bicarbonato, sulfato, cloreto, sílica e ácido carbônico; ii) constituintes menores (0.01-10.0 mg/L), como o carbonato, nitrato, fosfato, fluoreto, ferro, manganês, zinco e estrôncio; iii) elementos traço (abaixo de 0.1 mg/L), como o alumínio, bromo, iodo, prata e demais elementos; iv) gases dissolvidos, por exemplo, o oxigênio, gás carbônico nitrogênio, metano e entre outros; v) constituintes orgânicos naturais (microorganismos e complexos orgânicos) e artificiais (efluentes). A composição da água natural é muito variável, pois é um recurso

muito abundante e que possui grande capacidade de dissolver os minerais constituintes das rochas e solos e interagir com substâncias orgânicas e gases da atmosfera (Freeze e Cherry, 1979).

Os principais fatores que influenciam na composição da água em aquíferos são o clima, interação da água com material geológico e atividade antrópica. O clima favorece uma maior concentração de sólidos totais dissolvidos (STD) em regiões mais quentes, já que há a ação da evaporação na zona não saturada. O tipo de rocha por onde a água percolará vai influenciar qualitativamente os íons retirados, sendo que a concentração de STD de águas em rochas cristalinas tende a ser mais baixa (do que aquíferos sedimentares), devido a pouca superfície de contato com a água para ocorrer o intemperismo (Freeze e Cherry, 1979).

Outro fator associado à geologia é o aumento da profundidade de circulação na rocha encaixante e o consequente aumento do tempo de residência em subsuperfície, o qual é muito importante na composição química final da água subterrânea, pois é provável que uma água profunda percole mais litologias e haja mais tempo para ocorrer o intemperismo químico nas rochas e retirada dos íons, do que águas rasas (Freeze e Cherry, 1979).

A ação antropogênica também afeta a composição das águas, através da introdução de contaminantes decorrentes de efluentes domésticos e industriais (Freeze e Cherry, 1979).

5.4. Isótopos estáveis

Os isótopos representam as variações de um mesmo elemento, em que o número de prótons no núcleo dos átomos é igual e os números de nêutrons são distintos. O número de prótons é representado pelo número atômico (Z) e determina a estrutura eletrônica do elemento, que por sua vez define seu comportamento químico. Já os diferentes números de nêutrons de um mesmo elemento garantem massas diferentes, e isso determinará distintos comportamentos físicos (Faure e Mensing, 2005).

Os diferentes isótopos podem ser quantificados com o método de espectrometria de massa e os dados gerados são representados por razões isotópicas, comparando a abundância relativa de cada massa atômica (A) analisada (Clark e Fritz, 1997).

Os isótopos podem ser divididos em estáveis e radioativos. Os primeiros caracterizam-se pela ocorrência em quantidade determinada e constante na natureza (Feitosa e Manoel Filho, 2000), já que os isótopos de núcleos estáveis não sofrem processo de desintegração. Clark e Fritz (1997) relatam terem sido identificados cerca de 270 nuclídeos estáveis.

Apesar dos isótopos estáveis não sofrerem decaimento, ocorre um processo conhecido como fracionamento, no qual se altera a proporção relativa dos isótopos, em relação

detrimento às mudanças de fase ou estado, diferença na taxa de reação química e diferença na velocidade de difusão molecular, de acordo com Clark e Fritz (1997). Kendall e Doctor (2003) mencionam as reações químicas, físicas e biológicas como condicionantes ao fracionamento isotópico.

Este fracionamento está intrinsecamente relacionado com a massa dos isótopos, pois os isótopos mais pesados possuem uma força de ligação superior e precisarão de mais energia para as moléculas se separarem, logo os isótopos mais leves reagem em menor tempo, já que a energia requerida é inferior (Clark e Fritz, 1997).

Alguns isótopos de origem natural e que participam dos ciclos hidrológico, geológico e biológico são chamados de isótopos ambientais. Estes são representados por isótopos de H, O, C, N e S, e são muito utilizados em estudos hidrológicos e hidrogeológicos (Clark e Fritz, 1997).

Os isótopos de hidrogênio são ^1H e ^2H (Deutério) e os isótopos de oxigênio correspondem ao ^{16}O , ^{17}O e ^{18}O . No caso do oxigênio, utiliza-se o ^{16}O e ^{18}O nos estudos por serem mais abundantes.

5.5. A Bacia hidrográfica do Alto Tietê

A Bacia Hidrográfica do Alto Tietê (BAT) é composta por terras que o rio Tietê e seus afluentes drenam o que corresponde a uma área de 5.868 km². Este rio possui nascentes na divisa entre os municípios de Salesópolis e Paraibuna e percorre uma direção geral de leste a oeste do Estado de São Paulo, até atingir a Barragem de Rasgão segundo FABHAT (Fundação Agência da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê), 2015.

Esta bacia é densamente povoada, com uma população total de 20.114.410 em 2014, e altamente afetada pela urbanização, a qual pode ser evidenciada pela distribuição das áreas na bacia: 99% de área urbana e 1% de área rural.

A área do município de São Paulo pertence totalmente à BAT e equivale a 23,7% da área total da bacia (FABHAT, 2015).

O conhecimento da geologia desta bacia foi muito importante para a definição e caracterização dos sistemas aquíferos estudados neste trabalho.

5.5.1. Hidrogeologia

A Bacia do Alto Tietê é composta pelo embasamento cristalino do Pré- Cambriano e por sedimentos do Terciário e Quaternário que compõem a Bacia Sedimentar de São Paulo (Figura 4).

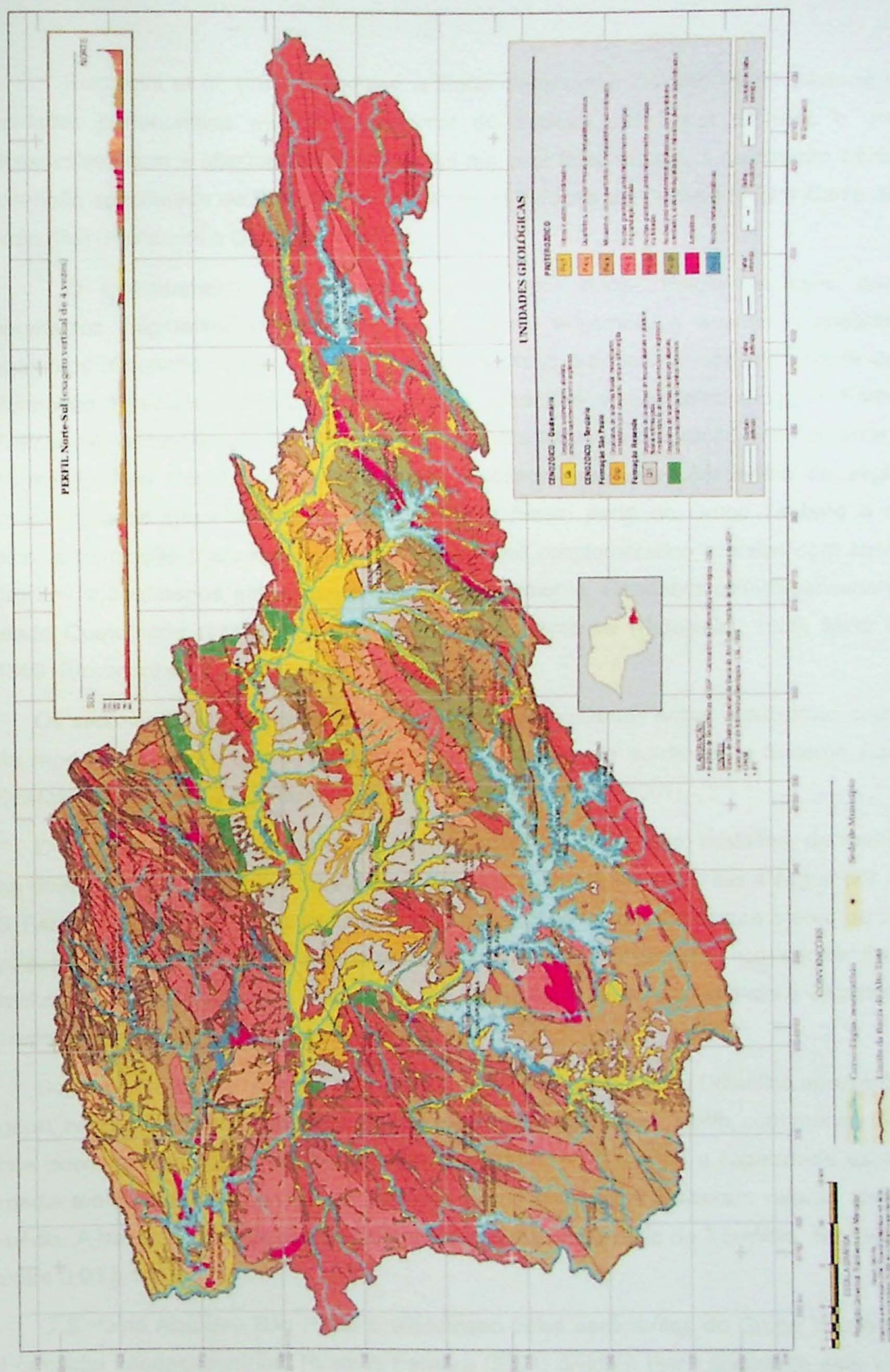


Figura 4: Mapa Geológico da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê. Retirado de FUSP, 2002.

Riccomini et al. (1992) descreve a Bacia Sedimentar de São Paulo como uma das unidades pertencentes ao Rift Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), o qual se desenvolveu com a abertura do Atlântico Sul em uma faixa alongada de direção ENE, com extensão aproximada de 900 km, situada entre as cidades de Curitiba (PR) e Barra de São João (RJ) (Riccomini e Coimbra, 1992).

O embasamento cristalino é composto por mica- xistos- gnaisses granitos, pegmatitos, migmatitos e metassedimentos, sendo encontrados raramente anfíbolitos e quartzitos (Coutinho, 1968). A Bacia de São Paulo é preenchida respectivamente pela: i) Formação Resende, constituída por lamitos, arenitos e conglomerados; ii) Formação Tremembé, composta por sedimentos argilosos e siltsos de coloração cinza a verde; e iii) Formação São Paulo, caracterizada por depósitos arenosos com lentes de argilas e conglomerados subordinados. Estas formações fazem parte do Grupo Taubaté e acima dele, a Formação Itaquaquecetuba constituída por conglomerados e areias com lamitos e argilitos subordinados estão dispostas discordantemente. Depósitos colúvio-aluvionares de Idade Quaternária recobrem a Formação Itaquaquecetuba (Riccomini, 1989; Melo *et al.*, 1989; Riccomini *et al.*, 1992).

Os sedimentos da Bacia de São Paulo estão discordantes sobre o substrato cristalino, de modo que a área apresenta dois grandes sistemas de aquíferos: o Sistema Aquífero Cristalino e o Sistema Aquífero São Paulo (Hirata & Ferreira, 2001).

O Sistema Aquífero Cristalino é sustentado pelo embasamento cristalino, de forma que há duas unidades diferentes para o fluxo da água subterrânea, descritas a seguir por Hirata & Ferreira (2001). Na rocha intemperizada, heterogênea, com espessura média de 50m e podendo alcançar até 150m, a água percola uma porosidade granular, com caráter livre. Na rocha sã ou pouco alterada, a água flui por falhas ou fraturas e a unidade é caracterizada como heterogênea, anisotrópica e livre a semi-livre.

Segundo DAEE (1975, *apud* Iritani 1993), este Sistema aquífero Cristalino apresenta, em geral, baixa produtividade, com vazão (Q) média por poço é de 7,7m³/h, com menos de 10% dos poços apresentando vazões superiores a 20m³/h. Estimou-se a capacidade específica média em 0,34m³/h/m, sendo que 80% dos poços analisados obtiveram valores abaixo da média. A transmissividade também foi medida, tendo uma média de 3,5m²/dia, com variação entre 0,05 a 14,3m²/dia.

O Sistema Aquífero São Paulo é sustentado pelos sedimentos do Grupo Taubaté e da Formação Itaquaquecetuba. Hirata & Ferreira (2001) dividem hidraulicamente este sistema em dois aquíferos: Aquífero Resende e Aquífero São Paulo, os quais possuem porosidade primária e caráter heterogêneo, livre a semi-confinado. O aquífero de maior produtividade é o

Aquífero Resende. A Formação Tremembé e a Formação Itaquaquecetuba possuem uma pequena área de abrangência e, portanto, não definem novas unidades de aquífero.

DAEE (1975, *apud* Iritani 1993) aponta valores de transmissividade entre 15 a 70m²/dia, com uma média de 50m²/dia; capacidade específica variando entre 0,2 a 3,4 m³/h/dia, com média de 1,6 m³/h/m e porosidade efetiva entre 2 a 10% para o Sistema Aquífero São Paulo.

5.6. A Cidade Universitária USP

5.6.1. Contexto hidrogeológico

A área de estudo encontra-se na borda da Bacia sedimentar de São Paulo e nela afloram sedimentos terciários da Formação São Paulo e sedimentos quaternários da Formação Itaquaquecetuba (Riccomini, 1989; Melo *et al.*, 1989; Riccomini *et al.*, 1992), ambos pertencentes ao Grupo Taubaté (Melo *et al.*, 1989; Riccomini *et al.*, 1992). Estes sedimentos abrigam o Aquífero São Paulo (Hirata e Ferreira, 2001).

O Complexo Cristalino logo abaixo abriga o Sistema Aquífero Cristalino, cuja água pode percolar a porosidade granular na rocha intemperizada ou percolar as falhas ou fraturas na rocha sã, em profundidades mais altas, segundo Hirata & Ferreira (2001).

Segundo Riccomini *et al.* (1992), a Formação São Paulo aflora na porção centro-sul do Campus e constitui-se em duas litofácies principais. A primeira litofácies ocorre nas proximidades da Prefeitura da Cidade Universitária e é marcada por arenitos grossos, conglomeráticos, com granodecrescência ascendente para siltitos e argilitos. Já a segunda litofácies aflora nas proximidades do Instituto de Química e é composta por arenitos médios a grossos, com granodecrescência ascendente para siltitos e argilitos. A Formação Itaquaquecetuba é aflorante na porção norte do Campus, próximo à raia olímpica, e é distinguida em cinco litofácies principais de acordo com Riccomini *et al.* (1992). As litofácies são: i) arenitos médios a grossos, mal selecionados; ii) conglomerados sustentados por clastos, com seixos de quartzo e quartzito; iii) arenitos maciços de granulação média a fina; iv) lamitos maciços, silticos- arenosos de coloração esverdeada; e v) blocos sub- angulosos de rochas do embasamento. Entre os sedimentos argilosos e arenosos é comum a ocorrência de concreções de limonita de tamanhos diversos.

5.6.2. Hidrodinâmica

Iritani (1993) estudou o potencial hidrogeológico da Cidade Universitária, constatando na área, uma geometria irregular do Sistema de Aquífero de São Paulo e com espessamento do pacote sedimentar em direção ao NNE. Isto foi obtido através das perfilagens eletromagnéticas e de eletrorresistividade. As sondagens elétricas foram concentradas na porção sedimentar do Campus, e os resultados contribuíram na locação dos poços produtores e de monitoramento. Desta forma, naquela época, o CEPAS construiu 11 poços de observação, com o apoio da Prefeitura do Campus, já os 6 poços produtores foram

construídos por uma empresa de perfuração contratada pela Prefeitura da Cidade Universitária. A autora também elaborou o contorno estrutural do embasamento no Campus (Figura 5), ao correlacionar as informações geofísicas com os dados extraídos dos poços perfurados.

Iritani (1993) monitorou o comportamento do nível d'água da rede de poços de observação por cerca de dois anos e elaborou um mapa potenciométrico na porção sedimentar, chegando a concluir que o fluxo geral da água subterrânea é em direção ao Rio Pinheiros. Ela também separou as curvas equipotenciais da época de estiagem e da época de chuva, a fim de mostrar a influência da pluviosidade nos níveis d'água e estima que as precipitações sejam incorporadas na ordem de dias, corroborando com os resultados obtidos por Szikszay *et al.* (1990).

Iritani (1993) elaborou gráficos de vazão por rebaixamento, a partir dos testes de vazão escalonada, e verificou que a vazão ótima a ser explorada era de 30, 5 e 7 m³/h para os poços PP1, PP5 e PP6 respectivamente. Posteriormente, calculou parâmetros hidrodinâmicos de condutividade hidráulica (K), transmissividade (T) e coeficiente de armazenamento (S). O K encontrado foi na ordem de 10⁻⁴ m/s, através da análise granulométrica de níveis arenosos retirados durante a perfuração de um poço de observação (P12). Outro método utilizado pela mesma foi da interpretação de teste de bombeamento no poço PP1, com vazão constante de 30 m³/h e com acompanhamento nos poços multiníveis. Iritani (1993) utilizou o método de Walton e obteve coeficientes de armazenamento S menores que 10⁻², transmissividade na ordem de 10⁻⁴ a 10⁻³ m²/s e condutividade entre 10⁻⁶ a 10⁻⁴ m²/s para o mesmo aquífero analisado. Ela ressalta que a diferença nos valores de condutividade hidráulica é condicionada pela metodologia diferente, de modo que na análise granulométrica foram avaliadas apenas as camadas arenosas, enquanto que o segundo método envolvia o pacote sedimentar da zona saturada, incluindo as lentes argilosas.

Iritani (1993) somou todas as vazões ótimas estimadas e calculou uma vazão total de 2,4x 10² m³/s, em 16h por dia de funcionamento. Isto correspondia a 18% da demanda total de água na Cidade Universitária em 1993. Através do método volumétrico e do método de fluxo (Lei de Darcy), também estimou uma reserva reguladora de aproximadamente 900 mil m³ ao ano, a qual equivale a um volume que escoaria em direção à área de descarga, se não for explotado.

Marcelino (1999) relata que os 6 poços produtores identificados por Iritani (1993) estavam com uma vazão total somada em 100 m³/h, equivalente a 30% da demanda interna do Campus na época.

Wahnfried (2003) quantificou a recarga do Campus, para níveis rasos (com filtro em até 7,5 m de profundidade), através de três métodos diferentes. O autor definiu que o método

por variação do nível de água é o mais adequado devido à sua maior precisão, sensibilidade nas épocas de estiagem e simplicidade da técnica, após instalação dos poços. Em dois meses de coleta de dados, este método obteve uma recarga média de 3,4mm em um período de 5 dias. Analisando as estimativas darcynianas, obteve-se uma recarga baixa de 0,1 a 164 mm/ano. Utilizando o balanço hídrico como método, Wahnfried (2003) não conseguiu registrar recarga para o período estudado. Este registro só foi possível quando utilizado dados do ano de 2002 do IAG, sendo assim sugere que o método aplicado não é adequado para um período curto de tempo.

Viviani-Lima (2007) calculou na Cidade Universitária uma recarga natural de 246 mm/ano, conforme a metodologia de variação dos níveis de água, e 311 mm/ano, segundo aproximações darcinianas. Baseando-se nos dois métodos citados, a autora avalia que a contribuição antrópica no Campus seja de 20% em relação à recarga total. Os dados isotópicos também foram utilizados para estimar a influência antropogênica, de aproximadamente 14%. De acordo com as medições de precipitação e dos níveis de água, somente a partir de 100 mm de precipitação é que ocorre um aumento do nível d'água. Todavia, a mesma registra a inexistência de recarga efetiva nos períodos de estiagem (julho a setembro), isto é, já que a água infiltrada não é suficiente para superar o volume da zona não saturada. Logo, a recarga efetiva deveria ocorrer entre os meses de Outubro a Março.

Martins (2008) utilizou isótopos de H, O, Sr e Pb para avaliar o quanto da recarga seria natural e o quanto teria contribuição antrópica (vazamento da rede e de esgoto).

5.6.3. Hidroquímica

As águas subterrâneas da área de estudo foram consideradas ácidas, oxidantes e pouco reativas, de maneira geral. Também foram classificadas como predominantemente bicarbonatadas cálcicas a sódicas com ocorrência de água sulfatadas mistas na porção norte do Campus. Na área plana da Raia Olímpica, as águas são caracterizadas como predominantemente bicarbonatadas sódicas. No poço de observação P3, situado em uma topografia superior, a água foi classificada como sulfatada cálcica e no poço P7, localizado em aquífero cristalino, os resultados mostraram que a água era bicarbonatada cálcica, com maior mineralização nas épocas de chuvas se comparado com os meses de estiagem (Iritani, 1993). As análises da época foram consideradas quimicamente potáveis, conforme as normas vigoradas no Estado de São Paulo, segundo Iritani (1993). No entanto, a mesma autora identificou concentrações altas de ferro no poço de observação P10 e altas concentrações de manganês no poço P11. Esta também notou maior concentração de STD das águas derivadas do aquífero cristalino, se comparadas com as águas do aquífero sedimentar.

Viviani- Lima (2007) também estudou a contribuição urbana na deterioração da qualidade das águas da Cidade Universitária e relata uma maior variação composicional nas

amostras coletadas em profundidades mais rasas. Foram encontradas amônia e COD em concentrações significativas, além de íons como nitrato, fluoreto e sulfato, indicando a contribuição dos vazamentos nos sistemas esgoto. Todavia, estas concentrações diminuem com o aumento da profundidade. Esta provável contaminação foi localizada próximo ao CRUSP e é observado que as concentrações dos íons citados sofrem uma diminuição progressiva na direção da Raia Olímpica da USP.

Martins (2008) também identificou diferentes graus de contaminação das águas do aquífero raso da USP por cloreto, sulfato, amônio, sódio e fluoreto e verificou uma elevada alcalinidade. Também se utilizou das análises de isótopos de H e O e constatou que até a profundidade de 7,5 metros há uma contribuição antrópica de 45% na recarga desse aquífero. Na profundidade de 13,5 esse valor da contribuição antrópica na recarga cai para 28%. Isso significa que há uma maior contribuição da recarga natural no geral, isto é, recarga por água da chuva, do que por uma fonte antrópica como vazamentos das redes de abastecimento e o esgoto. A autora também relaciona a composição isotópica de Pb da chuva do Campus com a assinatura dos aerossóis, já a composição isotópica de Pb para a água do aquífero revela uma assinatura intermediária às amostras de chuva nos períodos sazonais.

Marcelino (1999) identificou fontes potenciais pontuais e difusas de poluição das águas subterrâneas da Cidade Universitária e estabeleceu um perímetro de proteção dos poços tubulares profundos, através da técnica de traçado de partículas e da modelagem matemática numérica, cujo modelo é calibrado para dez anos. O autor realizou simulações com bombeamentos crescentes no PP1 e constatou que os poços tubulares próximos à raia olímpica não vão induzir a infiltração de águas contaminadas do Rio Pinheiros para os aquíferos do Campus. Isto só ocorreria com vazões sete vezes superiores a maior vazão de exploração dos poços, equivalente a mais de 167m³/h. Marcelino (1999) também definiu algumas medidas de proteção e controle dos recursos hídricos subterrâneos.

6. MATERIAIS E MÉTODOS

6.1. Levantamento e tratamento de dados

Este Trabalho de Formatura se apoiou em teses, dissertações e processos sobre a construção dos poços do CUASO. Foram consultados o cadastro de poços do DAEE e órgãos da USP que tinham informações sobre a construção dos poços existentes. O levantamento bibliográfico também abrange trabalhos feitos em outros locais que utilizaram de ferramentas semelhantes ao que é proposto.

Para atingir esses objetivo foram utilizados os softwares de geoprocessamento (ArcGis ou equivalente livre) e desenho (CorelDraw ou equivalente livre), no qual os poços e dados

existentes estão armazenados. O Banco de Dados, com informações sobre a hidroquímica das águas dos poços reativados, foi montado em Excel. O tratamento dos resultados das análises químicas feitas pelo CEPAS foi realizado no software AquaChem versão 5.1.

6.2. Amostragem da água subterrânea

Foi realizada a coleta de água nos poços PP1, PP4 e PP5 da Cidade Universitária- USP, reativados até agosto de 2016, com o acompanhamento do engenheiro da Superintendência de Gestão Ambiental do Campus.

As análises feitas na água de cada poço compreendem: a determinação de concentrações de cátions maiores (Li^+ , Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+), concentrações de ânions (F^- , Cl^- , Br^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , HPO_4^-), alcalinidade, concentração de silício e razões isotópicas de H e O. Tendo conhecimento de quais análises seriam feitas, houve uma adequada preparação dos materiais de coleta, conforme o recomendado por Gibs & Wilde (1999).

Antes de dar início a amostragem, é necessária retirar a água estagnada do poço com o uso de uma bomba submersa, a fim de coletar uma amostra de água mais representativa do aquífero. É recomendável retirar no mínimo três vezes o volume do poço (Gibs, J. e Wilde, F.D., 1999) e desta forma, gastaram-se 10 minutos. A água foi retirada em uma torneira ligada ao poço produtor. Um procedimento prévio ao acondicionamento das amostras é a ambientação de alguns materiais como a jarra com capacidade de 3 litros, frascos e seringas.

A amostra de água foi colocada na jarra de polietileno, material inerte, e em seguida foram extraídos alguns parâmetros físico-químicos, conforme será descrito no item 4.3.

A seguir, foram utilizadas seringas para retirar a água da jarra e colocá-las nos frascos. Para as análises de cátions maiores e houve a necessidade de, respectivamente, filtrar as amostras em membrana filtrante descartável de porosidade igual a $0,45\ \mu\text{m}$ e acidificá-las com ácido nítrico para ser preservada em um $\text{pH} = 2$, aproximadamente. As amostras para análise de alcalinidade e ânions não devem conter ácido e só necessitam de filtragem caso haja alta concentração de material em suspensão. Estas águas para as análises de cátions maiores e ânions foram acondicionadas em frascos de polietileno, preenchendo um volume de 100 ml, lavados previamente com a amostra a ser acondicionada (filtrada quando é o caso). A vedação e o cuidado no transporte também são importantes (CETESB, 2011).

Para análises de isótopos estáveis, a amostragem é feita com o cuidado em não haver fracionamento após a coleta, como a evaporação por exemplo. Para tal, são usados frascos de cor âmbar que evitam a penetração da luz do sol. Estes frascos de 20 mL foram inteiramente preenchidos, tendo o cuidado para não apresentar bolhas de ar no interior do recipiente (evitando o fracionamento de H e O da água para o ar), e fechados com batoque

e tampa. A CETESB (2011) recomenda, por via de regra geral, o uso de batoque e tampa ao fechar o recipiente, pois é garantido que haverá uma boa vedação.

Todo o material de coleta, quando não descartável, foi lavado com água deionizada entre uma amostragem e outra.

As amostras foram refrigeradas no mesmo período e dia da coleta, de modo que as amostras foram enviadas ao Laboratório de Hidroquímica do CEPAS, no IGc- USP e processadas dentro do prazo de validade, conforme recomendação da CETESB (2011).

6.3. Análises físico- químicas

Durante a coleta das amostras foram medidos os parâmetros de pH, Eh, temperatura e oxigênio dissolvido. Essas medições devem ser feitas na hora da amostragem, com a introdução da sonda Multiparâmetros na água coletada. Foi necessário aguardar a estabilização dos valores dos parâmetros para o registro ser feito com precisão. Antes e depois do uso da sonda, é preciso que esta seja lavada com água deionizada, para garantir a retirada de partículas finas e evitar que as características físico-químicas e químicas da amostra se alterem e até sofram uma 'contaminação' por conta da amostra anteriormente analisada. A sonda Multiparâmetros utilizada é da marca YSI e pertence ao CEPAS (Centro de Pesquisas de águas subterrâneas). Sua calibração é feita constantemente.

6.4. Análises químicas

As análises químicas foram realizadas no laboratório do CEPAS e consistiram na determinação de concentrações de cátions e ânions maiores em unidade de mg/L. Os cátions Li^+ , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} foram analisados pelo Cromatógrafo de Íons DIONEX ICS-90. Os limites de detecção (mg/L) do equipamento são: 0,001 (Li^+), 0,01 (Na^+), 0,001 (NH_4^+), 0,01 (K^+), 0,01 (Mg^{2+}) e 0,01 (Ca^{2+}).

Os ânions F^- , Cl^- , Br^- , NO_2^- , NO_3^- , HPO_4^{2-} e SO_4^{2-} , nas águas foram analisados pelo mesmo equipamento que analisou os cátions, conforme citado acima. Os limites de detecção (mg/L) do equipamento são: 0,01 (F^-), 0,01 (Cl^-), 0,001 (Br^-), 0,001 (NO_2^-), 0,01 (NO_3^-), 0,001 (HPO_4^{2-}) e 0,01 (SO_4^{2-}).

Também foi analisado a concentração (mg/L) de Si nas águas dos poços PP1, PP4 e PP5. As amostras de água destes poços foram acondicionadas em isopor com gelo e enviadas à Central Analítica do Instituto de Química da USP para análise em Espectrômetro Ótico de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente acoplado (ICP OES, Radial), marca Spectro, modelo Arcos. O limite de detecção do equipamento é de 0,01 para Si.

Após a determinação da concentração de íons nas amostras, foram montadas planilhas em excel para calcular o balanço iônico e verificar a qualidade do conjunto das análises.

6.5. Análises isotópicas

Com relação às análises isotópicas, foram realizadas determinações de razões isotópicas de H e O, a partir das amostras de água subterrânea dos poços produtores PP1, PP4 e PP5, através de espectroscopia de absorção a laser no equipamento PICARRO L2130i, no CEPAS (Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas). Os resultados são reportados em valores de delta, que comparam as razões das amostras com valores de padrões internacionais, controlados pela IAEA (*International Atomic Energy Agency*). Como as diferenças entre essas razões são muito pequenas, o valor é multiplicado por mil. Os valores de deltas são, portanto reportados em permil. Os erros analíticos são de $\pm 0,9$ ‰ para $\delta^2\text{H}$ e $\pm 0,09$ ‰ para $\delta^{18}\text{O}$.

7. RESULTADOS

7.1. Banco de dados

Com base no mapa de localização dos poços da Cidade Universitária elaborado por Iritani (1993), foram acrescentadas as isolinhas de espessura do pacote sedimentar feitos também por Iritani (1993), além de atualizar a situação dos poços existentes e adicionar novos registros. Foram incluídos poços construídos após a confecção do mapa em 1993, como é o caso do PP10 (poço tubular profundo dentro do IPT) e PP9 (poço tubular profundo nas dependências Escola Politécnica), além de poços que não constavam no mapa de referência, como é o caso dos poços tubulares profundos PP7 e PP8, nas imediações do IGc (Figura 5).

Também foram compilados dados essenciais dos poços produtores (Tabelas 1 e 2 e Anexos I, II, V e Vi), mostrando, quando possível, uma comparação histórica dos mesmos parâmetros.

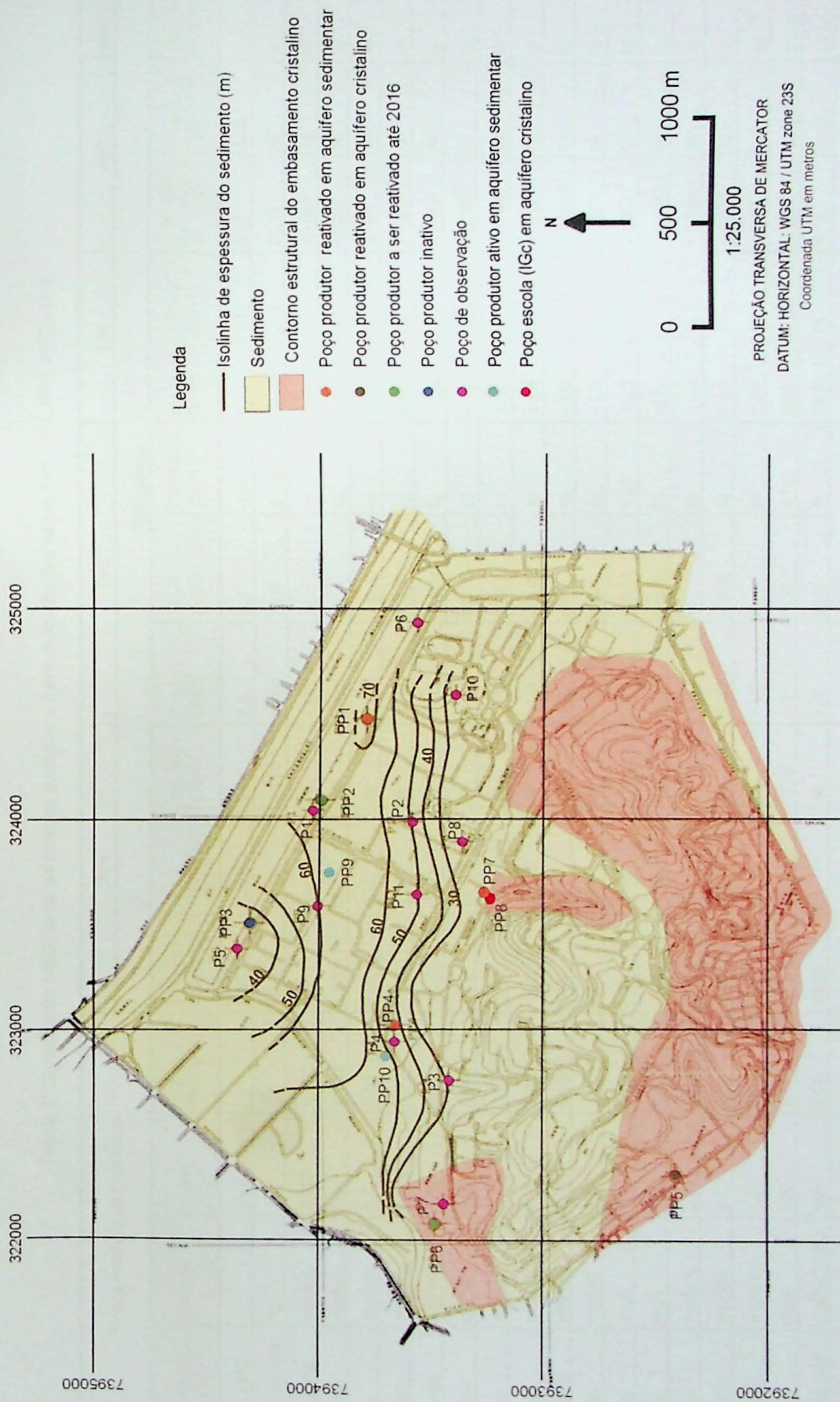


Figura 5: Mapa de isoespessuras de sedimentos e localização dos poços de observação e produtores na Cidade Universitária.

Tabela 1: Comparação histórica de parâmetros químicos e físico-químicos dos poços PP1, PP4, PP5, PP7 e PP8.

Poços Produtores Profundos				PP1		PP4			PP5		PP7		PP8	
Resultados														
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q. Outorga	Outorga DAEE	Iritani (1989/1990)	CEPAS (2016)	Outorga DAEE	Iritani (1989/1990)	CEPAS (2016)	Outorga DAEE	CEPAS (2016)	Analytical technology (03/2016)	Hidrolabor (03/2002)	Hidrolabor (03/2002)
pH a 25°C		de 6,0 a 9,5		6,81	6,62	6,34	5,5	5,3	6,21	6,15	6,15	6,72	5,54	8,02
Temperatura	°C	—	0,1	19,00	21,50	21,50	22,20	23,0	21,90	24,00	23,1	22,30	Ni	Ni
Antimônio	mgSb/L	0,005	0,002	0,003	Ni	Ni	< LQ	Ni	Ni	<LQ	Ni	<0,005	Ni	Ni
Arsênio	mgAs/L	0,01	0,002	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	<0,010	Ni	Ni
Bário	mgBa/L	0,7	0,01	0,03	0,12	Ni	0,08	< 0,02	Ni	0,14	Ni	0,147	Ni	Ni
Cádmio	mgCd/L	0,005	0,001	< LQ	< 0,02	Ni	< LQ	< 0,02	Ni	< LQ	Ni	< 0,004	Ni	Ni
Chumbo	mgPb/L	0,01	0,01	< LQ	< 0,01	Ni	< LQ	< 0,01	Ni	< LQ	Ni	< 0,009	Ni	Ni
Cianeto	mgCN/L	0,07	0,002	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	< 0,006	Ni	Ni
Cobre	mgCu/l	2	0,01	< LQ	0,03	Ni	< LQ	0,03	Ni	< LQ	Ni	< 0,009	Ni	Ni
Cromo	mgCr/L	0,05	0,01	< LQ	< 0,05	Ni	< LQ	< 0,05	Ni	< LQ	Ni	<0,010	Ni	Ni
Mercúrio	mgHg/l	0,001	0,0002	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	< 0,0004	Ni	Ni
Níquel	mgNi/L	0,07	0,01	0,03	0,04	Ni	< LQ	0,04	Ni	< LQ	Ni	< 0,005	Ni	Ni
Nitrato	mg/L	10	0,03	0,14	0,44	0,01	0,22	< 0,01	1,63	< LQ	0,43	0,8290	Ni	Ni
Nitrito	mg/L	1	0,03	<LQ	0,07	Ni	< LQ	< 0,01	Ni	<LQ	Ni	< 0,0150	Ni	Ni
Selênio	mgSe/L	0,01	0,005	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	< 0,009	Ni	Ni
Alumínio	mgAl/L	0,2	0,01	< LQ	<0,05	Ni	< LQ	< 0,05	Ni	< LQ	Ni	< 0,030	Ni	Ni
Amônia	mgNH3/L	1,5	0,01	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	< 0,03	Ni	Ni
Cloreto	mg/L	250	0,1	5,12	6,89	12,31	2,91	3,30	5,34	5,31	4,98	5,06	6,00	20,00
Dureza total	mgCaCO3/L	500	1,00	14,00	Ni	Ni	4,00	Ni	Ni	48,00	Ni	5,73	8,00	66,00
Ferro	mgFe/L	0,3	0,01	3,88	11,50	Ni	< LQ	0,40	Ni	0,14	Ni	< 0,030	0,07	0,16

Tabela 2: Continuação da comparação histórica de parâmetros químicos e físico-químicos dos poços PP1, PP4, PP5, PP7 e PP8.

Poços Produtores Profundos					PP1		PP4		PP5		PP7		PP8	
Resultados														
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q. Outorga	Outorga DAAEE	Iritani (1989/1990)	CEPAS (2016)	Outorga DAAEE	Iritani (1989/1990)	CEPAS (2016)	Outorga DAAEE	CEPAS (2016)	Analytical technology (03/2016)	Hidrolabor (03/2002)	Hidrolabor (03/2002)
Manganês	mgMn/L	0,1	0,01	0,04	0,30	Ni	< LQ	0,10	Ni	0,06	Ni	0,066	Ni	Ni
Sódio	mgNa/L	200	0,05	6,26	3,9	9,42	2,79	1,4	4,61	7,27	11,59	4,67	Ni	Ni
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	1000	0,10	48,13	Ni	Ni	25,13	Ni	Ni	96,33	Ni	7,33	26	486
Sulfato	mg/L	250	0,1	4,24	35,5	0,34	4,04	10,1	1,01	12,06	10,81	< 0,030	Ni	Ni
Sulfeto de Hidrogênio	mgS/L	0,1	0,01	< LQ	Ni	Ni	<LQ	Ni	Ni	<LQ	Ni	< 0,0050	Ni	Ni
Surfactantes	rngLAS/L	0,5	0,10	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	< 0,015	Ni	Ni
Turbidez	NTU	5	0,02	7,90	Ni	Ni	0,34	Ni	Ni	1,16	Ni	< 0,900	Ni	Ni
Zinco	mgZn/L	5	0,01	1,14	0,03	Ni	0,99	< 0,02	Ni	1,73	Ni	3,33	0,35	0,16
Fluoreto	mgF/L	1,5	0,01	0,06	Ni	0,08	0,01	Ni	0,02	0,07	0,06	0,040	Ni	Ni
Urânio[1]	mgU/L	0,03	0,001	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	Ni	< LQ	Ni	< 0,018	Ni	Ni
1,2-Diclorobenzeno	mg/L	0,01	0,002	< LQ	Ni	Ni	4,58	Ni	Ni	< LQ	Ni	< 0,0030	Ni	Ni
E. coli	P/A em 100mL	Ausência	-	Ausência	Ni	Ni	Ausência	Ni	Ni	Ausência	Ni	Ausência	Ausência	Ausência
Coliformes Totais	P/A em 100mL	Ausência	-	Ausência	Ni	Ni	Ausência	Ni	Ni	Ausência	Ni	Ausência	Ausência	Ausência
Observações: L.Q. = Limite de Quantificação														
n.a.= Não aplicável														
n.d.= não determinável														
Ni = Não informado														
VMP = Valor máximo permitido pela Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.														

7.2. Consumo de água na Cidade Universitária

Em 1998 foi iniciado o Programa de Uso Racional da água na Universidade de São Paulo (PURA- USP), com o objetivo geral de continuar com a redução do consumo de água no campus. Em março de 2015, o PURA- USP foi desativado e integrado junto ao Programa Permanente para o Uso Eficiente dos Recursos Hídricos e Energéticos da Universidade de São Paulo (PUERHE- USP, 2015).

O consumo de água no Campus sofreu uma expressiva redução, foi de aproximadamente 240.000 m³/mês em 1993 (Iritani *et al.*, 1993), para 58.043 m³/mês em 2015 (PUERHE- USP, 2015), ou seja, houve uma queda de 76%. Ao considerar os registros de consumo a partir da criação do PURA- USP em 1998, quando a média era de 137.881 m³/mês, houve uma redução de 58% até 2015. A figura 6 a seguir, revela esta evolução na demanda de água.

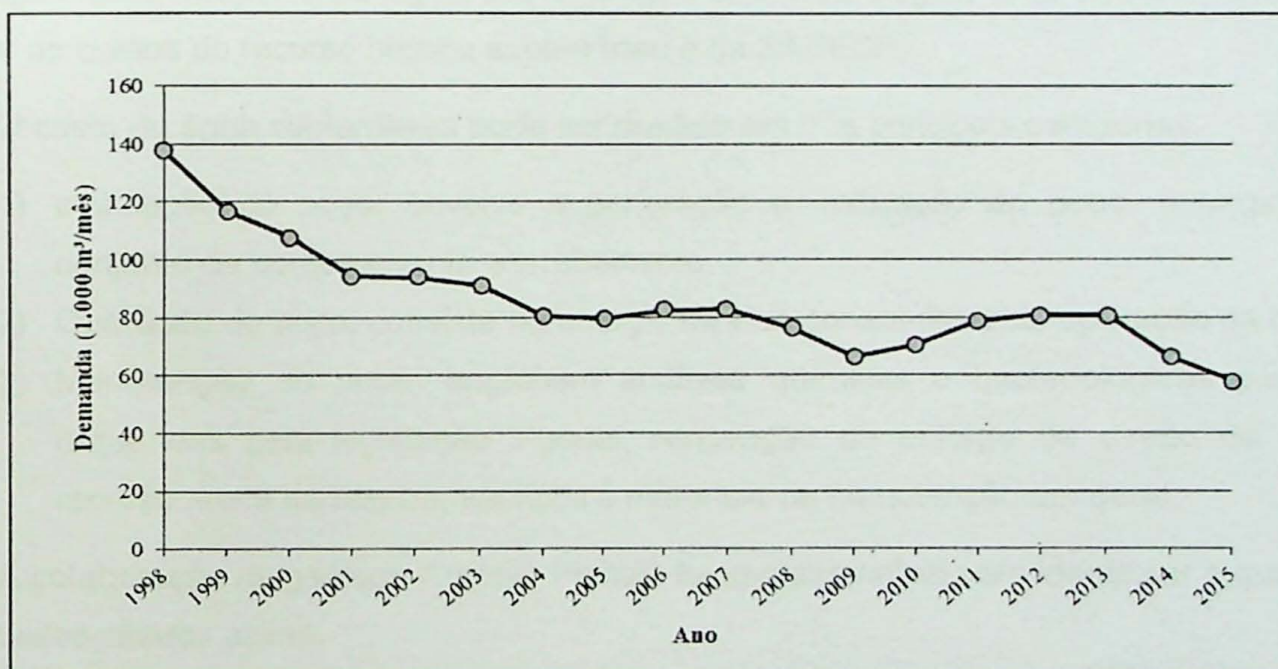


Figura 6: Gráfico de Demanda por Ano. Evolução do consumo de água na Cidade Universitária USP desde a criação do PURA, em 1998.

Foi realizada uma avaliação do consumo de cada unidade e de cada ligação de água, em 2015 (Anexo III), a fim de saber exatamente quanto cada um gasta e poder contribuir com possíveis tomadas de medidas na gestão hídrica do campus.

Em 1998, o PURA separou as unidades da USP, em termos de consumo, conforme o estudado por Tamaki (2003) e este trabalho segue essa proposta. Essa divisão separa as unidades em dois grupos: Fase 1, composta pelas 7 unidades que mais consomem na Cidade Universitária, sendo escolhidas também pelo seu maior potencial de redução do consumo e possibilidade de maior retorno do conhecimento adquirido; Fase 2, composta pelas demais 21 unidades situadas dentro do campus.

Os valores da demanda efetiva foram retirados de painéis de controle da gestão da demanda, realizados mensalmente pelo PUERHE, já a tarifa de água e esgoto por m³ paga

pela USP foi de R\$12,08 segundo comunicado 04/15, na categoria pública com contrato com a SABESP ao aderir ao PURA.

Um fato importante é que com o término do PURA- USP e início do PUERHE- USP (2016), as tarifas cobrada pela SABESP em ligações instaladas a partir de março de 2015 passaram a se encaixar na categoria pública sem contrato, porém os valores cobrados das ligações feitas na época do PURA-USP continuam correspondendo à categoria pública com contrato.

7.3. Estimativa de custos da água subterrânea na USP

Com base em trabalhos de Custódio (1995, 2002); Hirata (1993); Pezzey e Tomam (2002); Llamas (2003, 2006); Fornes *et al.* (2004); Kalf e Woolley (2005) e Foster *et al.* (2013), Batista (2015) analisou seis formas de superexploração de aquíferos, entre as quais descreve o aspecto econômico. Este aspecto se refere a um rebaixamento do nível d'água em níveis onde o custo de operação é muito elevado, e desta forma o custo de outras fontes de água seria inferior à da água subterrânea. Foi feito, a seguir, uma análise comparativa entre os custos do recurso hídrico subterrâneo e da SABESP.

O custo da água subterrânea pode ser dividido em três principais categorias:

- 1) Instalação do poço: envolve a perfuração e instalação do poço, outorga inicial, conjunto de bombeamento e acabamento.
- 2) Operação do poço: consiste na energia elétrica consumida pela operação da bomba.
- 3) Manutenção do poço: englobam análises químicas e bacteriológicas periódicas requeridas pela legislação vigente, renovação da outorga de direito de uso do recurso, troca de bomba, serviços e materiais de manutenção em geral.

A colaboração do geólogo Antônio Pinhatti foi imprescindível para identificar e quantificar os custos citados acima.

É importante salientar que no planejamento de custos da água produzida não foram considerados os custos de profissionais que estarão monitorando a situação dos poços, possíveis sistemas de tratamento e a distribuição da água subterrânea no Campus.

Segundo Batista (2015), embora os custos relacionados à instalação de um poço sejam elevados, isto pode ser amortizado ao longo do tempo de operação do poço que corresponde a 30 anos ou mais.

Os custos da energia elétrica foram calculados de acordo com a equação abaixo:

$$C = P \cdot t \cdot V \quad \text{Equação 1.5}$$

Sendo que o parâmetro C corresponde ao custo da energia elétrica derivado da operação da bomba, em reais; P representa a potência média da bomba submersa, em kW; t é o tempo de operação da bomba em horas, sendo considerado um regime de 20h por dia; e V é o valor da tarifa de energia elétrica na USP que equivale a R\$0.4069.

Em relação aos custos de manutenção do poço, foram considerados 10.000 usuários por dia para estimar a quantidade de exames químicos e bacteriológicos a serem realizadas. Estes exames compreendem uma análise da Portaria MS- Nº2914 por semestre e uma análise mensal da Resolução SS-65, necessários para o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano no Estado de São Paulo e o seu padrão de potabilidade. Os custos relacionados à renovação da outorga de direito do uso foram elaborados sabendo-se que é preciso requerer o documento a cada cinco anos. Já a troca da bomba foi estimada de acordo com a média de sua vida útil, estipulada em cinco anos.

A partir disto, foram elaborados os custos da água subterrânea para dois casos pertinentes (Anexo IV). O valor do recurso produzido foi amortizado em 30 anos (média de vida útil para um poço) com o intuito de comparar o custo por m³ da SABESP e da água subterrânea. Os casos analisados são:

Caso 1- Planejamento de custos para as fases de instalação, operação e manutenção dos poços, com base em uma demanda de 60.000m³, equivalente a uma média do consumo mensal do Campus em 2015.

Caso 2- Planejamento de custos para as fases de operação e manutenção dos poços, com base em uma demanda equivalente à vazão total anual fornecida pelos poços PP1, PP4 e PP5, reativados pela SEF.

O 1º caso é uma situação hipotética, na qual a soma das vazões dos poços controlados pela SEF (ativos e inativos, atualmente: PP1 a PP6) corresponderia à demanda mensal do campus em 2015, isto é, uma possibilidade do campus ser inteiramente abastecido por água subterrânea. Sendo assim, as tabelas 3 e 4, a seguir, resumem os valores encontrados:

Tabela 3: Contabilização simplificada dos custos envolvidos no caso 1.

Custos de instalações	Perfuração e construção do poço, conjunto de bombeamento	R\$ 600,000.12
	Outorga inicial	R\$ 5,000.00
Custo operacional	Energia elétrica	R\$ 240,000.00
Custos de manutenção	Análises de água	R\$ 38,400.00
	Renovação de outorga	R\$ 18,000.00
	Troca de bomba	R\$ 10,000.00
	serviços e materiais de manutenção em geral	R\$ 20,000.00
TOTAL	R\$/ano	R\$ 931,400.12
	R\$/mês	R\$ 77,616.68
	R\$/30 anos	R\$ 27,942,003.60

Tabela 4: Caso 1: Comparação de valores entre a água subterrânea e a água concedida pela SABESP.

Fontes de água	Água subterrânea	SABESP
Consumo mensal médio do Campus em 2015	60000 m ³	
Gastos mensais	R\$ 77,616.68	R\$ 724,800.00
Tarifa por m ³	R\$ 1.29	R\$ 12.08

O 2º caso é uma situação fiel à realidade atual, em que os custos são calculados com uma demanda equivalente a soma das vazões de exploração conhecidas dos poços reativados pela SEF. Desta forma, as tabelas 5 e 6 mostram os custos encontrados:

Tabela 5: Contabilização simplificada dos custos envolvidos no caso 2.

Custo operacional	Energia elétrica	R\$ 96,000.00
Custos de manutenção	Análises de água	R\$ 19,200.00
	Renovação de outorga	R\$ 9,000.00
	Troca de bomba	R\$ 4,800.00
	Serviços e materiais de manutenção em geral	R\$ 9,600.00
Total	R\$/ano	R\$ 138,600.00
	R\$/mês	R\$ 11,550.00
	R\$/30 anos	R\$ 4,158,000.00

Tabela 6: Caso 2- Comparação de valores entre a água subterrânea e a água concedida pela SABESP.

Fontes de água	Água subterrânea	SABESP
Consumo equivalente à vazão dos 3 poços ativos (PP1, PP4 e PP5)	489600 m ³ /ano	
Gastos anuais	R\$ 138,600.00	R\$ 5,914,368.00
Tarifa por m ³	R\$ 0.28	R\$ 12.08

7.4. Análises de testes de bombeamento

Foram analisados testes de bombeamento de cinco poços: PP1, PP4, PP5, PP7 e PP8. A Superintendência de Gestão Ambiental da USP, responsável pelo projeto de reativação dos poços PP1, PP4 e PP5, obteve testes de bombeamento necessários para o requerimento de outorga do direito de uso destes poços no DAEE. Primeiramente foi realizado um teste para identificar a vazão máxima ao longo dos rebaixamentos do nível de água e conhecer melhor as características do aquífero, através de possíveis barreiras que possam estar influenciando o poço, sabendo-se que Iritani (1993) identificou e caracterizou

as camadas argilosas do pacote arenoso como aquitardes. Segundo Rocha & Jorba (2007), este teste é uma etapa preliminar, a qual servirá de base para estabelecer as condições iniciais do teste de produção. As planilhas de teste de bombeamento estão no Anexo V.

No PP1, o aquífero explorado é o aquífero sedimentar (Formação São Paulo) com comportamento livre a semi-confinado, conforme caracterizado por Iritani (1993). Depois de identificado a vazão máxima de 37,89 m³/h, em um teste de bombeamento de 24h, foi feito a medição de recuperação do nível de água. Em seguida, foi realizado o teste de bombeamento escalonado ou teste de produção que permitiu obter a vazão ótima explorável, as perdas de carga no aquífero e no poço, e os parâmetros de condutividade hidráulica (K) e transmissividade (T) do aquífero explorado. Este teste foi escalonado em três etapas, sendo estipulada para cada fase respectivamente, uma vazão de 40%, 60% e 80% da vazão máxima.

Conforme os resultados da planilha do teste escalonado para PP1 calculou-se o rebaixamento específico (s/Q) (Tabela 7), a fim de fazer a representação gráfica da equação característica do poço (s/Q x Q), conforme figura 7.

Tabela 7: Obtenção do rebaixamento específico (s/Q) em m/m³/h durante teste escalonado.

Etapa	Q (m ³ /h)	N.D. (m)	s medido (m)	s/Q (m/m ³ /h)
Teste de Vazão máxima (Q= 100%)	37,89	43,66	36,91	0,9741
1ª Fase (Q= 40%)	15,00	23,21	16,46	1,0973
2ª Fase (Q= 60%)	22,50	28,45	21,70	0,9644
3ª Fase Q= (80%)	30,00	34,92	28,17	0,9390

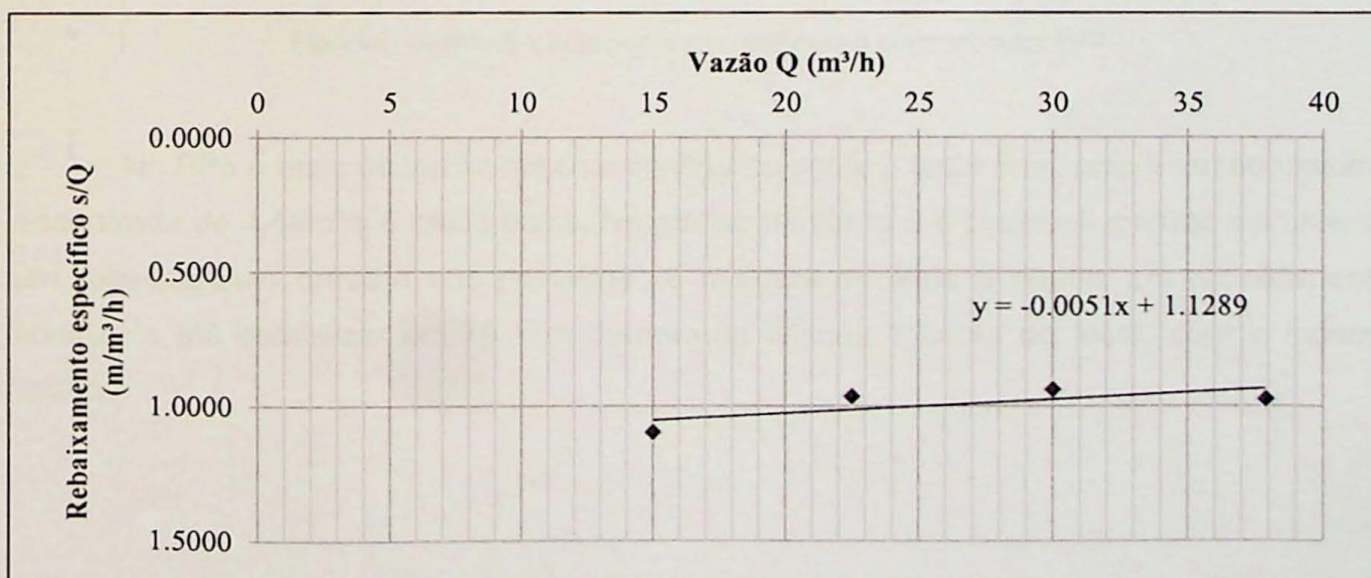


Figura 7: Gráfico s/Q x Q com tendência linear observada por uma reta que representa a equação característica do poço PP1.

Através do gráfico (figura 7) é possível extrair os coeficientes de perdas do aquífero e do poço (B e C), já que a equação 1.0, conforme citada no item 5.1, obedece à equação geral de reta e, portanto B será o valor onde a reta cruzar o eixo do rebaixamento específico (eixo Y), e C será o coeficiente angular desta reta. Logo, o coeficiente de perdas do aquífero (B) é 1,1289 e o coeficiente de perdas do poço (C) é 0,0051.

No PP4 o teste de produção não foi realizado, apesar de a vazão máxima ser de $20\text{m}^3/\text{h}$. Todavia, é possível usar a vazão encontrada como sendo uma vazão ótima para exploração, já que durante o teste verificou-se a estabilização do rebaixamento, conforme mostrado no gráfico da figura 8

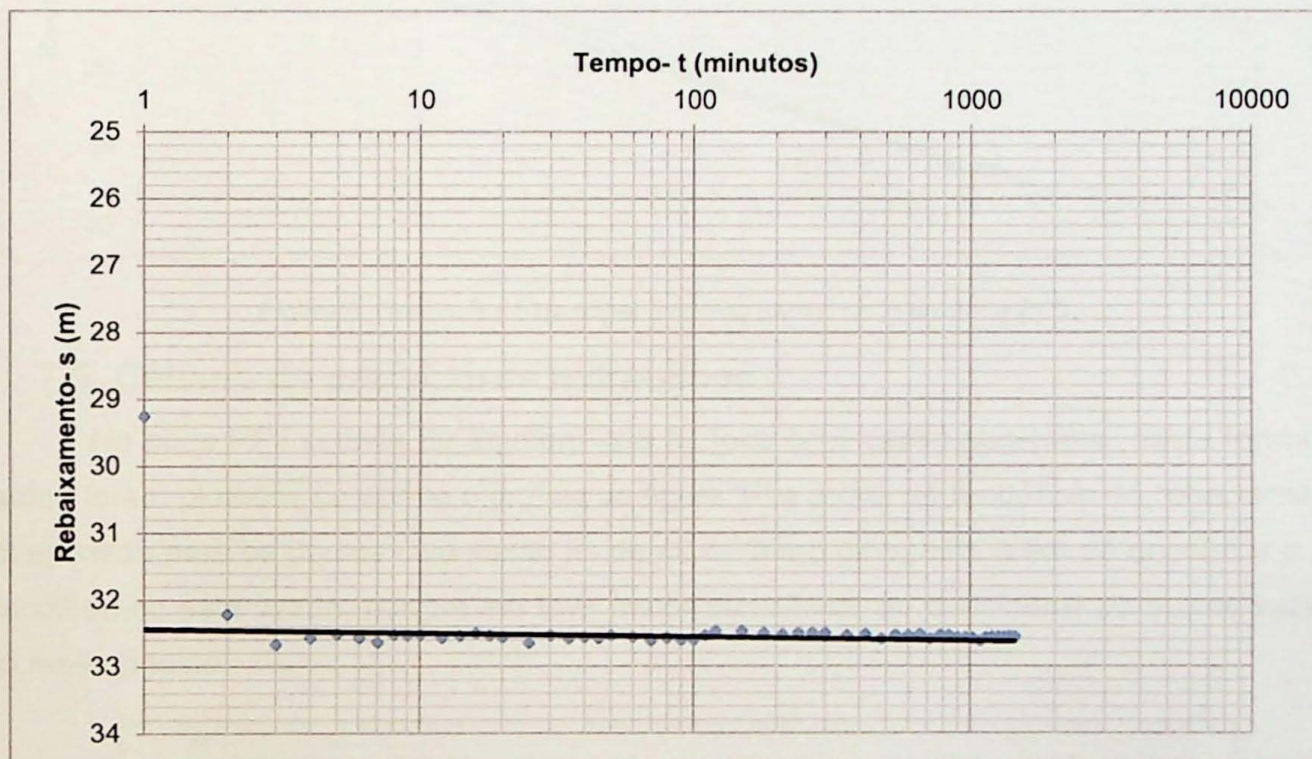


Figura 8: Gráfico S x t em papel monolog para o poço produtor PP4.

No PP5 o teste de vazão máxima configurou como o teste final, pois a vazão máxima encontrada de $4,44\text{m}^3/\text{h}$ é muito baixa. No gráfico da figura 9 é possível verificar claramente um rebaixamento drástico nos primeiros 30 minutos de teste e depois um rebaixamento constante até estabilizar em 79,17m durante as últimas 8 horas do teste, com a mesma vazão.

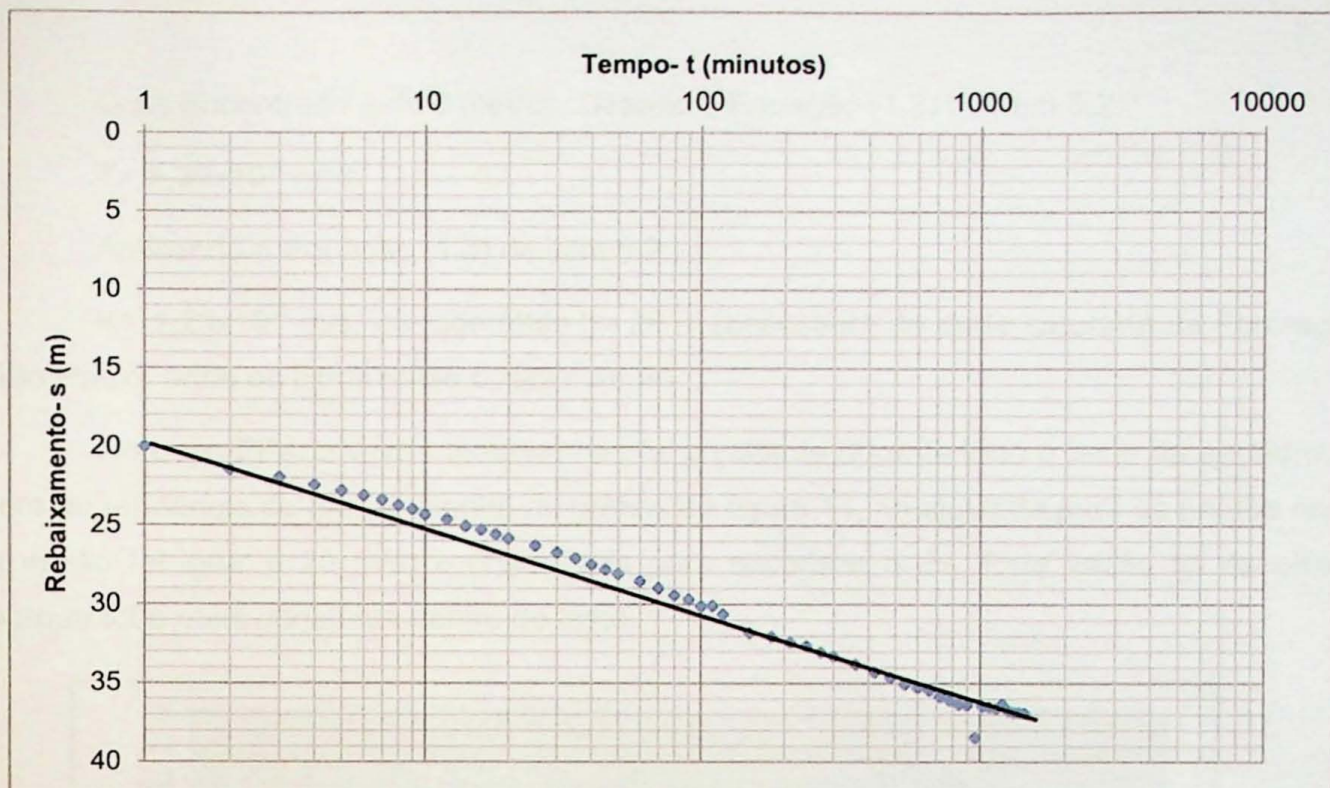


Figura 9: Gráfico S x t em papel monolog para o poço produtor PP5.

7.5. Cálculo de parâmetros hidráulicos

No poço PP1 o teste de aquífero não foi feito com vazão constante, desta forma os dados foram plotados conforme o gráfico da figura 10 e a reta de tendência do rebaixamento foi ajustada para os pontos cuja vazão foi de $40 \text{ m}^3/\text{h}$ e prolongada, a fim de encontrar o Δs . Escolheu-se esta vazão, porque ela teve maior constância ao considerar as outras vazões do mesmo teste.

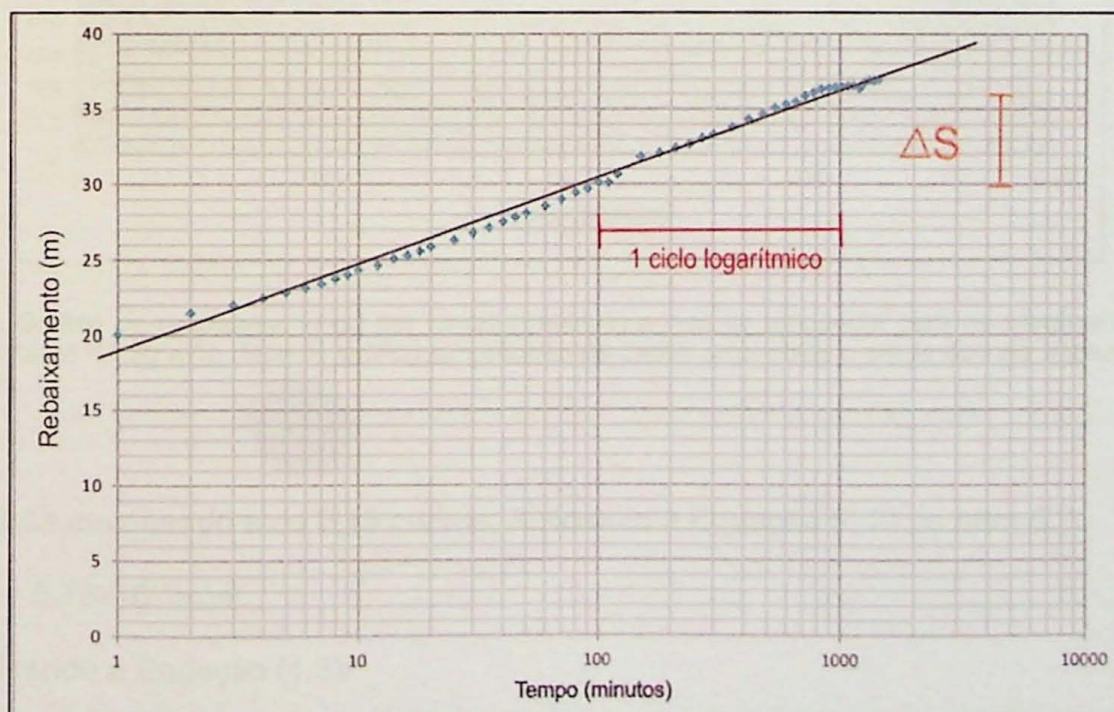


Figura 10: Gráfico de rebaixamento (s) por tempo (minutos) e reta de tendência para os rebaixamentos com vazão constante de $40 \text{ m}^3/\text{h}$. Método gráfico simplificado de Jacob para obter o parâmetro de transmissividade (T) em m^2/s .

O Δs encontrado é de 6 metros. Usando a Equação (1.2) do item 5.2:

$$T = 3,39 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}.$$

Aplicando a Equação (1.3) do item 5.2:

$K = 1,23 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, considerando $b = 28 \text{ m}$ (espessura da parte saturada da Formação São Paulo, onde os filtros estão posicionados).

No poço PP4, a vazão também não foi constante durante todo o teste de aquífero. A reta de tendência do rebaixamento, no gráfico da figura 11, foi ajustada para os pontos onde a vazão foi igual a $20 \text{ m}^3/\text{h}$ e prolongada para encontrar o Δs . Esta vazão foi escolhida porque foi a mais constante dentro do teste.

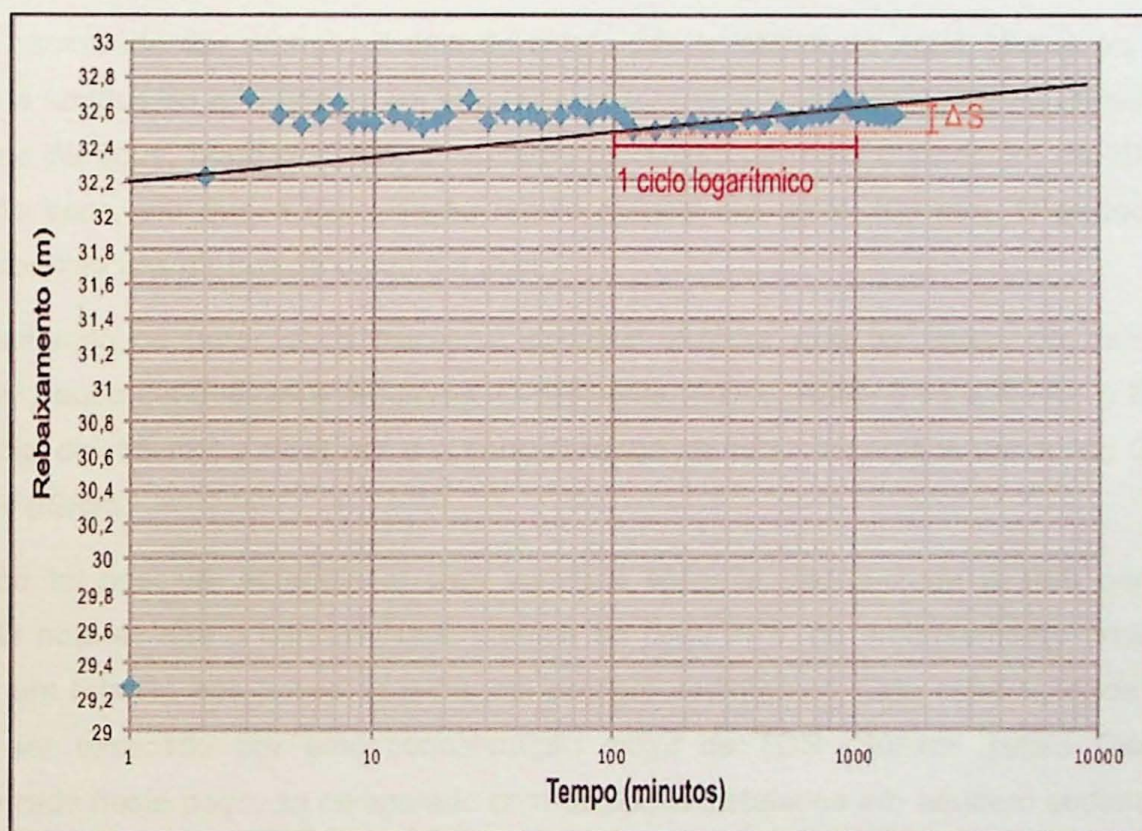


Figura 11: Gráfico de rebaixamento (s) por tempo (minutos) e reta de tendência para os rebaixamentos com vazão constante de $20 \text{ m}^3/\text{h}$. Método gráfico simplificado de Jacob para obter o parâmetro de transmissividade (T) em m^2/s .

O Δs encontrado é de 0,15 metros. Aplicando a Equação (1.2) do item 5.2:

$$T = 6,78 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}.$$

Usando a Equação (1.3):

K é da ordem de 10^{-5} m/s , pois a espessura da parte saturada da Formação São Paulo é desconhecida e o que se sabe é que os sedimentos desta Formação atingem uma profundidade de até 48 metros neste poço.

Não foi possível encontrar os parâmetros de transmissividade (T) e condutividade hidráulica (K) nos poços PP5 e PP8, porque o método de Cooper- Jacob usado na interpretação dos testes de poços anteriores se aplica à hidráulica de meios porosos, e no PP5 e PP8 explora-se o aquífero cristalino, cujo fluxo de água ocorre em fraturas e, portanto, o comportamento hidráulico está relacionado com as características destas fraturas.

7.6. Hidrogeoquímica

A partir de análises físico- químicas realizadas em campo, resultados das análises químicas do CEPAS (Anexo II), laudos químicos para outorga (Anexo I), perfis geológicos dos poços (ANEXO VI) e outros dados da geologia local, foi possível abordar as relações iônicas das águas analisadas pelo CEPAS, a caracterização dessas águas e potabilidade.

É necessário dar atenção à data de coleta das amostras de água, já que os períodos secos e úmidos do ano podem ser em parte, responsáveis pela mudança na caracterização química da água. Martins (2008) considerou os meses de maio a setembro de 2004 como período seco, em que a precipitação média mensal era de ≤ 100 mm. O período úmido correspondia aos meses de outubro a abril.

Avaliando os parâmetros físicos, é possível verificar que as águas do campus são ácidas, pouco condutivas e redutoras. O pH variou pouco, entre 6,15 a 6,72 ; o Eh sofreu variação de -35 mV a 36,8 mV e a condutividade elétrica específica variou de 26,98 até 148,74 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Não foi possível estabelecer uma variação espacial padronizada destes parâmetros, todavia nota-se que a condutividade elétrica no poço PP5, no embasamento cristalino, foi maior em relação aos poços situados no aquífero sedimentar. Esta condutividade superior pode ser explicada por uma concentração maior de TDS (Sólidos Totais Dissolvidos) encontrado neste poço, se comparado com os poços instalados em aquífero sedimentar. Os poços PP1 e PP5 apresentaram condutividade elétrica maior que 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valor que segundo a CETESB (2015) já pode representar um ambiente impactado.

As análises químicas realizadas no CEPAS foram interpretadas com o auxílio dos diagramas de *Piper* e *Stiff*. Não foi possível fazer os diagramas a partir dos laudos químicos de outorga, pois não havia menção da concentração dos íons de cálcio e bicarbonato, os quais são considerados como um dos principais constituintes da água, conforme citado no item 5.3.

As amostras dos poços PP1, PP4 e PP5 foram analisadas na época de estiagem e somente o poço PP7 foi analisado no período úmido. Destas amostras, as análises dos poços PP1 e PP4 apresentaram um balanço iônico superior a 20%, e foram consideradas com ressalvas devido aos elevados erros.

A figura 12 ilustra os diagramas de *Stiff* (meq/L) obtidos para cada poço, sendo que os cátions dominantes usados para a classificação são o cálcio, sódio e magnésio e os ânions são representados pelo bicarbonato, sulfato e cloreto.

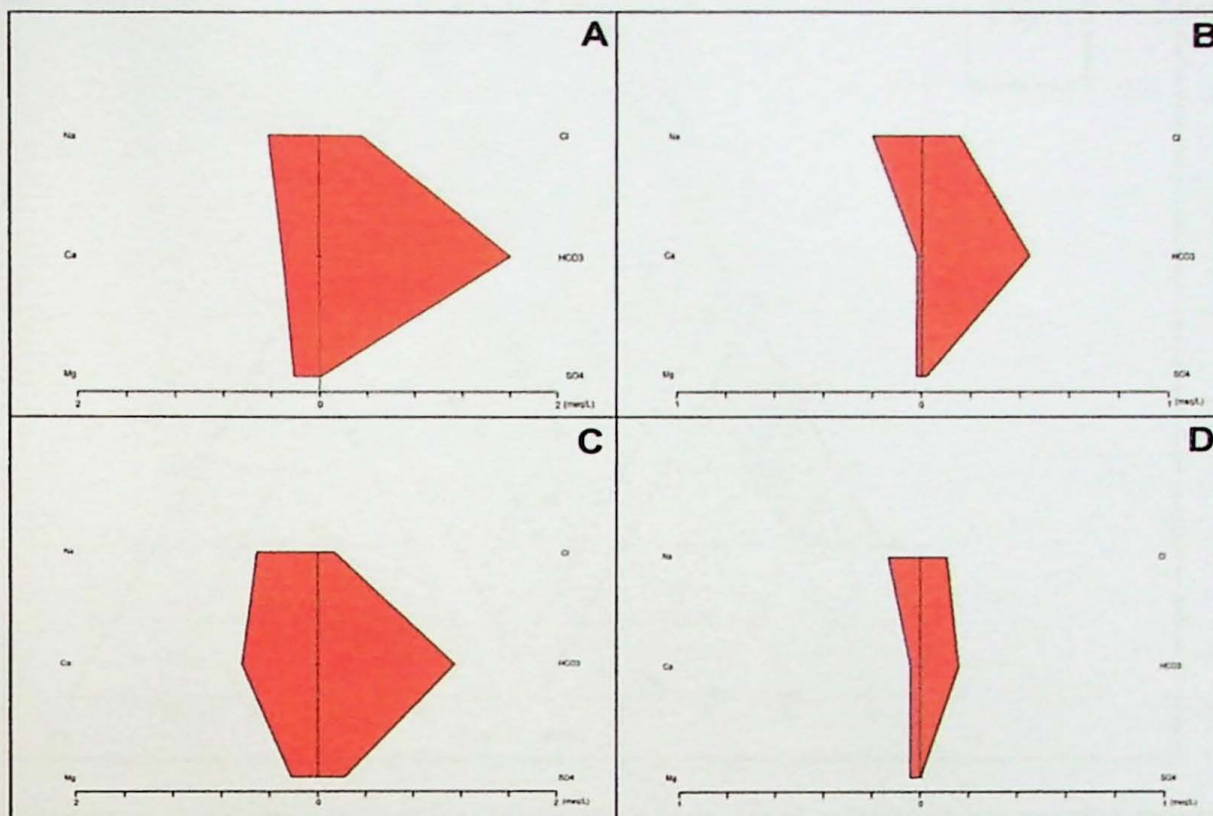


Figura 12: Diagramas de *Stiff* das águas analisadas no CEPAS. (A) Poço PP1; (B) Poço PP4; (C) Poço PP5 e (D) Poço PP7.

No diagrama de *Piper* (Figura 13), expresso em porcentagem do total de ânions e cátions, foram utilizados os mesmos íons dominantes usados nos diagramas de *Stiff* para a classificação das águas. A única diferença é que são representadas as concentrações de sódio e potássio juntos, ao invés do sódio apenas. As análises dos quatro poços foram plotadas em um único diagrama para comparar os distintos grupos de água.

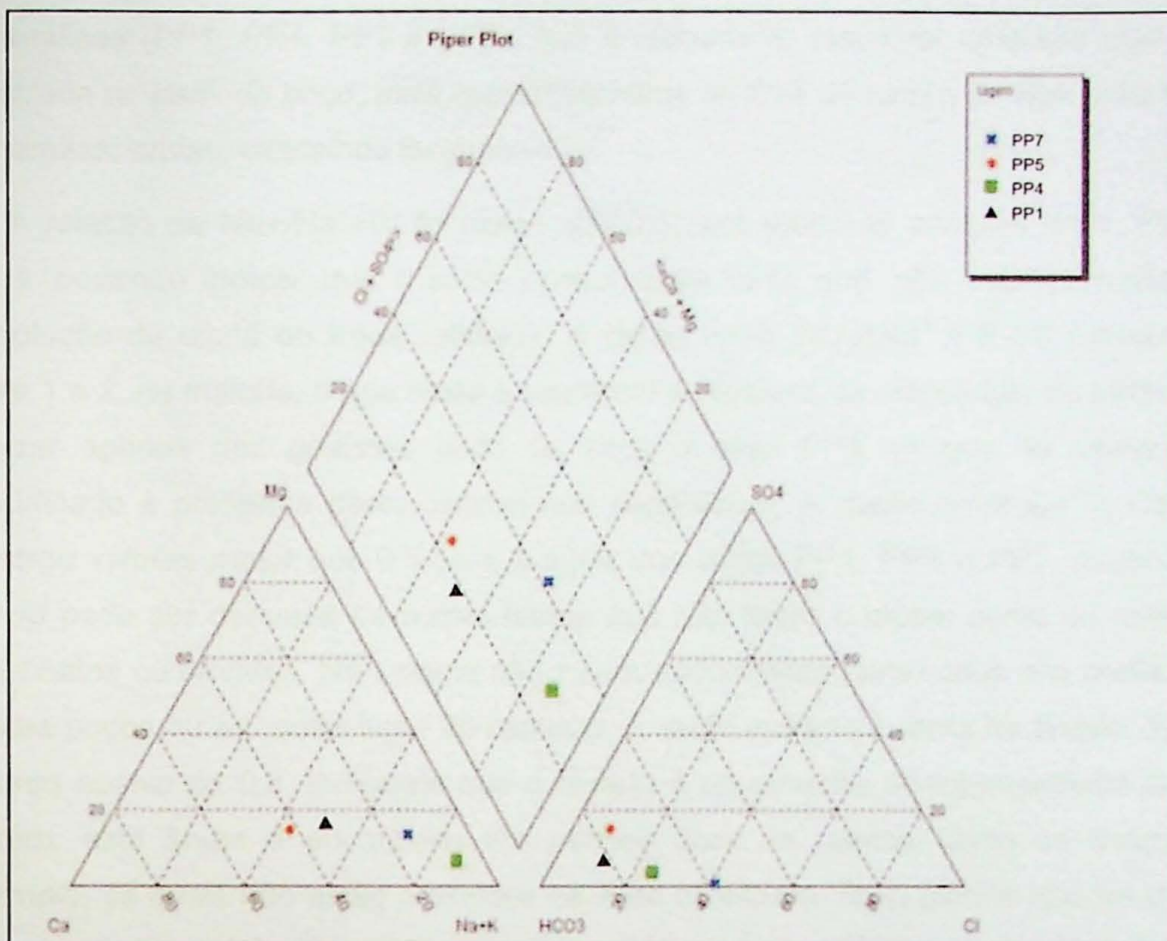


Figura 13: Diagrama de *Piper* para as amostras de água analisadas no CEPAS dos poços PP1, PP4, PP5 e PP7.

Os resultados de classificação das águas para os dois tipos de diagramas foram similares. No poço PP1, onde o pacote sedimentar é mais espesso em relação a outros poços do campus, as águas são classificadas como bicarbonatadas sódicas. De acordo com os diagramas de *Stiff*, a concentração dos íons é maior em relação aos poços PP4 e PP7 que também exploram o aquífero sedimentar. O poço PP4, localizado na porção plana do Campus juntamente com o poço PP1, também teve suas águas classificadas como bicarbonatadas sódicas.

O poço PP7, inserido na transição para uma porção topográfica mais alta a sul, apresentou uma água bicarbonatada cloretada sódica.

No poço PP5, inserido na porção sul do Campus onde se explora o aquífero cristalino, a água foi classificada como bicarbonatada cálcica e apresentou uma alta concentração de íons em relação aos poços PP4 e PP7 do aquífero sedimentar.

Também foi possível calcular algumas relações iônicas (Anexo VII) para as amostras processadas pelo CEPAS, a fim compreender melhor a interação da água com a rocha e os processos químicos atuantes.

A relação entre bicarbonato e sílica foi menor que 0,5 para as análises em PP1, PP4 e PP5, o que significa que a sílica contida nas águas é oriunda da dissolução de minerais silicáticos. Outra análise que corrobora esta reação é o TDS abaixo de 500 mg/L em todas

as análises (PP1, PP4, PP5 e PP7). Isto é claramente plausível uma vez que a litologia mostrada no perfil do poço, mais especificamente na área de seção do filtro, são compostas por argilas, areias, cascalhos ou gnaisses.

A relação de $\text{Na}^+/\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$ foi maior que 0,5 para todas as análises (PP1, PP4, PP5 e PP7), podendo indicar que o sódio possui outra fonte que não seja da halita, como a dissolução de albita ou troca catiônica. A razão entre $\text{SiO}_2/(\text{Na}^+ + \text{K} - \text{Cl})$ forneceu valores entre 1 a 2, na maioria, o que ajuda a sustentar a hipótese de dissolução da albita que pode ocorrer apenas nos gnaisses onde se situa o poço PP5, já que no campus não foi identificado a presença deste mineral nos sedimentos. A razão entre $\text{Ca}^{2+}/(\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-})$ mostrou valores maior que 0,5 para a água dos poços PP1, PP5 e PP7, sugerindo que o Cálcio pode ser derivada de outras fontes que não fosse o gipso, como da dissolução de carbonatos ou silicatos. No entanto não foram encontrados carbonatos nos perfis litológicos destes poços ou em outro lugar do campus. A razão entre Cl^- / soma de ânions estabeleceu valores abaixo de 0,8, indicando que o cloreto é proveniente do intemperismo das rochas. Porém, este ânion é encontrado em poucos tipos de rochas como os evaporitos, por exemplo, os quais não estão presentes na área de estudo. Se o cloreto não for proveniente de uma ação antrópica, então provavelmente pode ser derivado da concentração por evapotranspiração da água da chuva, já que o íon tem a propriedade de ser ultraconcentrativo em grandes bacias sedimentares, pois não há processos naturais que retirem o íon da água (Freeze e Cherry, 1979).

Outro estudo realizado envolve a questão da potabilidade das águas subterrâneas no campus. Durante o processo de outorga do direito de uso dos poços PP1, PP4, PP5 em 2015, e PP9 em 2002, foram feitas análises físico- químicas e bacteriológicas a pedido da Superintendência de Gestão Ambiental da USP e da Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), respectivamente. Em 2016, o CEPAS também solicitou análise química e bacteriológica do poço PP7 para verificar potabilidade. A tabela 1 e o Anexo 1 mostram, para cada poço, as concentrações de cada substância analisada (resultado), o limite de quantificação (L.Q.) e o valor máximo permitido (V.M.P.), de acordo com padrões exigidos pela Portaria do Ministério da Saúde Nº 2914, vigente em 12 de dezembro de 2011. Também foram reunidas análises das águas dos poços PP7 e PP8 feitas em 2002 pelo CEPAS, tendo a Portaria 36 do Ministério da Saúde 19/01/90 como referência. Os resultados que ultrapassam o valor máximo permitido estão em negrito e serão discutidos no item 8.

7.7. Isótopos estáveis

Esta ferramenta foi aplicada nas águas dos poço PP1, PP4 e PP5 com o intuito de estabelecer comparações entre os dados obtidos e os dados da bibliografia (Dias, 2005; Viviani-Lima, 2007; Martins, 2008). A coleta das amostras foi realizada em julho,

considerado por Viviani- lima (2007) e Martins (2008) como período seco na Cidade Universitária. Os valores de delta obtidos estão na **tabela x**.

Tabela 8: Valores isotópicos de H e O, em permil, para as águas dos poços reativados pela SEF em 2015.

POÇO	$\delta^{18}\text{O}$	$\delta^2\text{H}$
PP1	-5.62	-33.7
PP4	-5.79	-34.9
PP5	-6.61	-40.6

Os valores obtidos foram comparados com retas meteóricas globais- GMWL (Craig, 1961), retas meteóricas para São Paulo (Dias, 2005) e para a Cidade Universitária (Viviani- Lima, 2007; Martins, 2008). A fim de verificar se as assinaturas isotópicas são semelhantes e se a recarga do aquífero está relacionada com essas chuvas. Os resultados também foram plotados juntamente com dados de trabalhos anteriores, na área estudada (**Figuras 1, 2 e 3**)

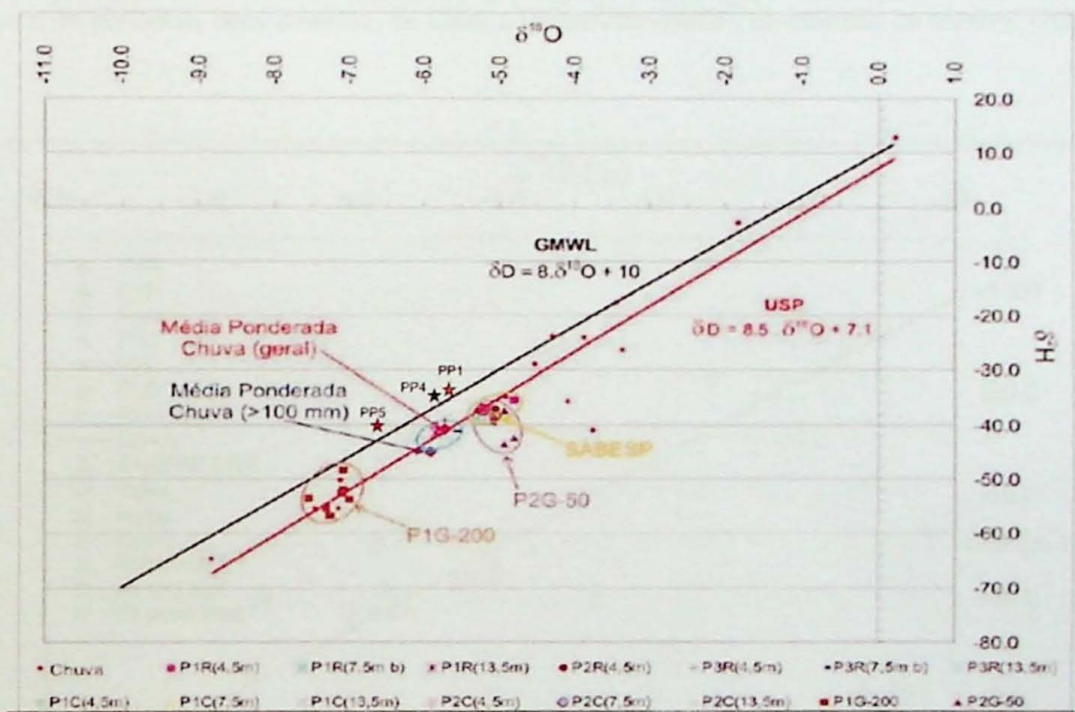


Figura 144: Comparação isotópica das águas dos poços PP1, PP4 e PP5 com dados de Viviani- Lima (2007) que abrangem valores mensais de $\delta^{18}\text{O}$ e $\delta^2\text{H}$ na água da chuva da Cidade Universitária da USP, reta global (GMWL, Craig 1961), médias ponderadas das chuvas (total de um ano e considerando apenas chuvas maiores que 100 mm) e média para os poços instalados na Cidade Universitária. Modificado de Viviani- Lima (2007).

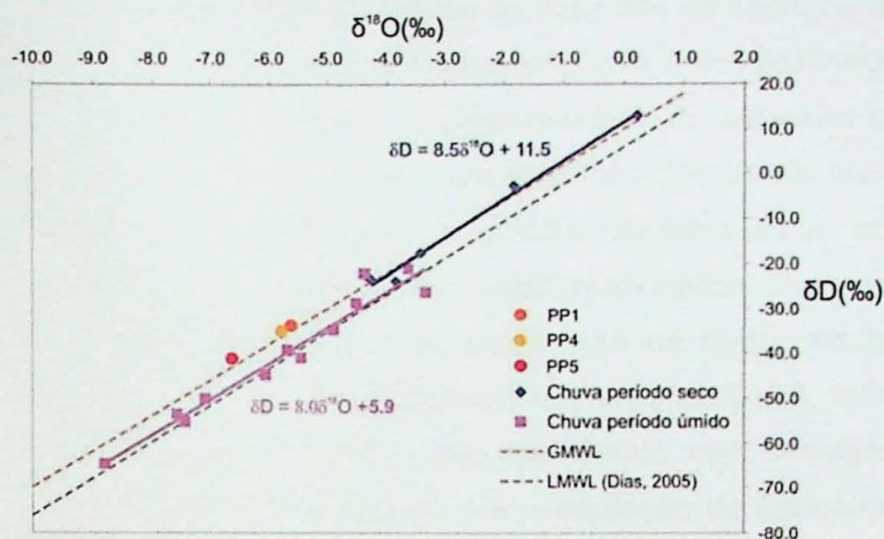


Figura 15: Comparação entre valores isotópicos das águas subterrâneas coletadas neste trabalho e retas meteóricas para os períodos, seco e úmido, da Cidade Universitária USP. Modificado de Martins (2008).

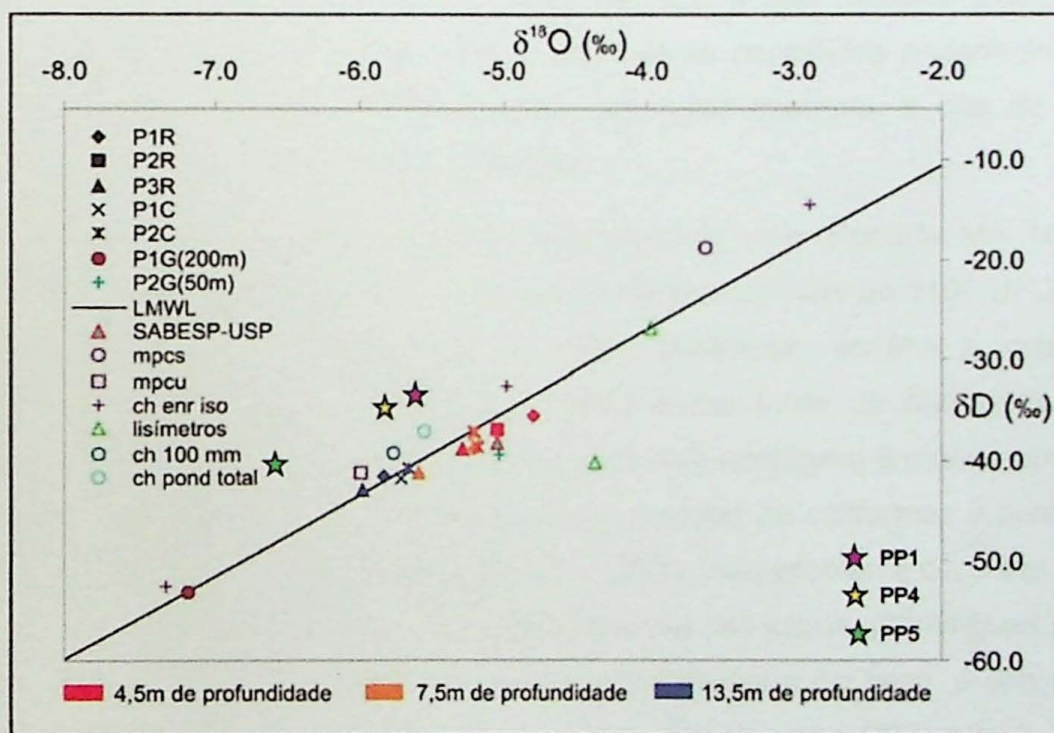


Figura 16: $\delta^{18}\text{O}$ versus δD para os valores médios das amostras de água da USP obtidas por Martins (2008) e valores para águas dos poços PP1, PP4 e PP5. Nota: mpcs= média ponderada pela chuva no período seco; mpcu= média ponderada pela chuva no período úmido; ch 100 mm= media ponderada para meses com mais de 100 mm; ch pond total= media ponderada para todos os meses (1 ano); ch enr iso= media pelo enriquecimento isotópico; LMWL= Local Meteoric Water Line (Dias, 2005). Modificado de Martins (2008).

8. INTERPRETAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os resultados das análises químicas revelam que as águas dos poços PP1, PP4, PP5 e PP7 estão com boa qualidade no geral, de acordo com as normas da Portaria MS nº

2914. O poço PP4 apresentou apenas um parâmetro abaixo do permitido: pH de 5,5, mas que pode ser corrigido entre 6 e 9 com adição de hidróxido de sódio ou outro componente análogo. O monitoramento do pH é muito importante pois é um parâmetro que controla a precipitação de muitos metais. Em $\text{pH} < 5$, uma variedade considerável de metais já pode ser encontrada na forma iônica, de acordo com Mestrinho (2013). No poço PP1 os valores de concentração de ferro, cor aparente e turbidez também estão acima do máximo permitido. Os dois últimos parâmetros podem estar relacionados com a oxidação do ferro. Segundo Appelo & Postma (1994), o ferro encontra-se na forma reduzida em Fe^{2+} nas águas subterrâneas, já que o pH nos aquíferos é em torno de 5 a 8, todavia quando há o rebaixamento do nível da água o Fe^{2+} entra em contato com o oxigênio da zona não saturada, provocando a oxidação para Fe^{3+} e a precipitação de óxidos de ferro. Isto pode ocorrer no momento que há o rebaixamento do nível de água, resultando em precipitado de ferro. A elevada concentração de ferro é um fato que pode ser justificado pela presença de concreções de limonita em meio a camadas arenosas e argilosas da Formação Itaquaquetuba, aflorante no norte do Campus, próximo à raia olímpica (Riccomini *et al.*, 1992). Contudo, os três parâmetros acima dos valores permitidos podem ser resolvidos desde que haja uma estação de tratamento, como por exemplo, o uso de sistema de filtragem tendo a zeólita como elemento filtrante.

No poço PP7, o único parâmetro não atendido pela Portaria MS Nº2914 foi a Contagem de Bactérias Heterotróficas, em que se obteve um valor de 1100 UFC/mL quando o máximo permitido é de 500 UFC/mL. Este parâmetro analisa a quantidade de microrganismos que utilizam o carbono orgânico como fonte de nutrientes. Embora a maioria dessas bactérias possa não ser patogênica, sua contagem é muito importante, pois um aumento da população pode comprometer as análises de coliformes e conferir sabor e odor desagradáveis às águas (Domingues *et al.*, 2007). Este problema pode ser solucionado ao instalar uma bomba dosadora de cloro para cloração das águas (Domingues *et al.*, 2007). É possível que as bactérias não sejam provenientes da água do poço, e sim do ponto de coleta onde foi amostrado. Este último pode ser o caso do poço PP7, cujo local de coleta consistia em um cano de PVC com a saída exposta ao ar livre.

As águas do poço PP9 não foram consideradas potáveis em 2002, porque apresentaram os parâmetros Coliformes Totais, Contagem de Bactérias Heterotróficas e Cor Aparente em desacordo com a legislação vigente. As bactérias do grupo coliforme indicam uma contaminação fecal e, apesar de não ter ação patogênica, sua presença pode sugerir a existência de outros organismos que causam doenças. Este quadro pode ser resolvido com a cloração da água, mas primeiramente tem de haver uma inspeção no ponto de coleta da água para assegurar sua higienização e desinfecção, conforme a COHESP (Controle Hídrico de São Paulo) (2015).

A classificação das águas subterrâneas com base em ânions e cátions maiores, de maneira geral, foi a mesma obtida por Iritani (1993): a ocorrência de água bicarbonatadas sódicas a cálcicas. A autora relata a presença de águas sulfatadas mistas na porção norte do Campus, porém não foram coletadas águas nesta porção, já que os poços estavam desativados. Avaliando a composição físico-química deste recurso subterrâneo, não foi identificado a presença de nitrato, amônia, sulfato, cloreto ou fluoreto em altas concentrações, conforme o encontrado por Viviani- Lima (2007) e Martins (2008). No entanto, é importante atentar às profundidades em que ocorreu a amostragem das águas. Viviani- Lima e Martins coletaram águas de poços rasos, em sua maioria, entre 4,5 a 14,5 m, enquanto neste trabalho foram amostradas águas de poços profundos, entre 30 a 60 m de profundidade. Ao interpretar as relações iônicas, ficou a dúvida com relação à origem dos íons de sódio, cálcio e cloreto, pois as possibilidades foram descritas conforme o item anterior, mas não foi possível chegar a um consenso.

Dados da composição isotópica de H e O para essas águas subterrâneas podem auxiliar no estudo de origem dos íons, através da comparação entre as assinaturas isotópicas de águas da chuva, águas de profundidades mais rasas e esgoto da SABESP, as quais podem representar a fonte de recarga do aquífero. Comparando os dados obtidos com os dados de trabalhos anteriores na área (Dias, 2005; Viviani- Lima, 2007; Martins, 2008), pode-se observar que as composições isotópicas encontradas para as águas dos poços profundos são semelhantes com a composição de chuva intermediária entre os períodos seco e úmido, encontrada no trabalho de Martins (2008) e correspondem à uma composição isotópica mais empobrecida, se comparada com águas do esgoto da SABESP.

Os valores encontrados de T e K do aquífero sedimentar (Formação São Paulo) foram da ordem de 10^{-4} a 10^{-3} m²/s e 10^{-5} m/s, respectivamente. Portanto, percebe-se que os valores obtidos neste trabalho são aproximadamente da mesma ordem de grandeza que o calculado por Iritani (1993) pelo método de Walton, com exceção do S que não pôde ser comparado já que não foi um parâmetro calculado desta vez. Estes valores de T e K refletem o comportamento do aquífero como um todo, onde é evidenciada a influência de lentes lamíticas intercaladas no pacote arenoso. Iritani (1993) também estimou os parâmetros com base no método da análise granulométrica e os resultados deram valores mais altos, já que apenas as areias foram utilizadas. Apesar do método de interpretação e modelo conceitual não serem os ideais teoricamente, na prática mostram-se muito úteis para a determinação dos parâmetros hidráulicos do aquífero explorado, além da produtividade.

Avaliando as estimativas de custos obtidas, é possível verificar uma diferença discrepante nas tarifas por m³ da água subterrânea e da água cedida pela SABESP, sendo que as águas subterrâneas mostraram-se nove vezes mais econômica para o caso 1

(custos de instalação, operação e manutenção para seis poços artesianos, com vazão acumulada equivalente à média de consumo mensal do Campus) e quarenta e três vezes mais econômicas para o caso 2 (custos de operação e manutenção para os três poços reativados pela SEF no campus). Desta forma, garante-se a sustentabilidade no aspecto econômico, já que o rebaixamento obtido ao bombear a água do poço não foi o suficiente para tornar a tarifa do recurso hídrico subterrâneo superior à tarifa de água da SABESP.

Ao comparar os custos das fases de instalação, operação e manutenção de um poço tubular profundo, nota-se que os gastos referentes à primeira etapa são quase a metade do total a ser pago, e isto reflete no custo em R\$/m³.

Tendo em vista que a Cidade Universitária já abriga poços produtores construídos, a tarifa da água subterrânea é mais coerente no cálculo para o caso 2, equivalendo a R\$ 0,28/m³. Todavia, esta situação em que é levada em conta apenas a vazão acumulada dos poços PP1, PP4 e PP5 pode atender uma parcela de 61,5% da demanda mensal do campus, de 60.000 m³.

É necessário compreender que nas estimativas feitas neste trabalho, não foram considerados custos relacionados à equipe que ficaria responsável por cuidar e monitorar os poços. Outro item que não está incluso nos custos para a água subterrânea é o sistema de tratamento que algumas águas vão requerer, se o objetivo de uso visar o consumo humano conforme as normas de potabilidade estabelecidas pela Portaria MS 2914. Uma opção encontrada por muitas indústrias, com poços artesianos próprios na Região Metropolitana de São Paulo, é o contrato de risco no qual a empresa responsável pela elaboração do projeto e perfuração do poço também gerencia e arca com custos da operação, monitoramento e riscos geológicos e construtivos associados. A remuneração da empresa é um valor cobrado pelo volume de água consumido durante a vigência do contrato. Neste caso, ao amortizar os custos envolvidos na obtenção, produção e monitoramento da água subterrânea, a tarifa a ser calculada deve ser maior que os valores calculados no trabalho, pois também teria de adicionar o custo do gerenciamento feito pela empresa contratada.

9. CONCLUSÕES

O trabalho desenvolvido buscou compreender os múltiplos fatores relacionados à viabilidade de água subterrânea para abastecimento interno do Campus. Para isto, foram utilizadas ferramentas químicas e isotópicas em poços reativados pela SEF até o presente momento, além de trabalhos anteriores na área estudada e análises químicas que não foram divulgadas.

Fo possível concluir que a composição da água subterrânea não sofreu grandes mudanças desde 1993, considerando a classificação com base em íons constituintes

maiores. No entanto, é preciso verificar a diferença na composição e comportamento das águas mais rasas e nas porções profundas. Não foi possível afirmar que as águas coletadas de poços artesianos reativados do Campus tenham uma contribuição grande de recarga antrópica. Todavia, é bem provável que estas águas sejam afetadas pelas atividades antropogênicas, devido ao questionamento de origem de íons de cloreto, cálcio e sódio, já que muitas vezes não há relação destes íons com a rocha encaixante, pelo simples fato de não haver minerais que possam sofrer intemperismo e doar estes íons.

De acordo com padrões de potabilidade para o Estado de São Paulo, as águas do campus possuem boa qualidade, necessitando de um tratamento simples prévio para corrigir parâmetros encontrados acima do Valor máximo permitido.

Os testes de bombeamento foram interpretados pelo método de Cooper- Jacob. Os parâmetros hidráulicos de transmissividade e condutividade elétrica do aquífero sedimentar (Formação São Paulo) foram avaliados em uma ordem de grandeza de $T = 10^{-3}$ a 10^{-4} e $K = 10^{-5}$. Isto foi compatível com os resultados de Iritani (1993), segundo o método de Walton. No entanto, mesma autora calculou T e K maiores com o método da análise granulométrica. Logo, é possível confirmar a influência das lentes lamíticas intercaladas no pacote arenoso, sendo que estas lentes podem ser consideradas como aquitardes.

A partir de cálculos simples elaborados para a estimativa de custos relacionados à instalação, operação e manutenção dos poços, pode-se afirmar que o aquífero pode ser explorado de forma sustentável, conforme o aspecto econômico, já que os gastos com a água da Sabesp são muito maiores se comparados com a amortização dos gastos na produção e monitoramento do recurso hídrico subterrâneo. O investimento inicial para a construção de um poço artesiano pode chegar a mais da metade dos gastos totais com a água subterrânea, no entanto, ao longo da vida útil de um poço (30 anos), este valor é "diluído".

Devido ao tempo limitado, não foi possível fazer um acompanhamento diário ou mensal dos poços disponíveis no Campus. No entanto, a fim de que a água subterrânea se torne uma fonte alternativa de consumo interno, é muito importante que haja um acompanhamento periódico da qualidade físico- química e bacteriológica deste recurso, manutenção dos poços, controle das atividades ao redor do poço para prevenir uma contaminação, medição do nível da água para aferir o rebaixamento produzido e tratamento adequado destas águas, de acordo com normas da CETESB. Um acompanhamento da composição das águas subterrâneas com a profundidade também é essencial para caracterizar melhor o seu comportamento no espaço, para isto sugere-se que os poços de observação no Campus sejam reativados.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anuário estatístico USP. (2015). Acesso em 1 de março de 2016. <<https://uspdigital.usp.br/anuario/AnuarioControle#>>.
- Appelo, C.A.J., Postma, D. (1994). *Geochemistry, Groundwater and Pollution*. Amsterdã: Balkema Publishers.
- Banks, D., Markland, H., Smith, P.V., Mendez, C., Rodriguez, J., Huerta, A., Saether, O.L. (2005). The effect of filtration on analyses of surfasse water samples. A study from Salars of Coipasa and Uyuni, Bolivian Altiplano. *Journal of geochemical Exploration*, 86, 104-118.
- Batista, J.C. (2015). *Superexploração de águas subterrâneas, o caso de Recife*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências USP.
- Brasil, M.S. (1990). Portaria nº 36.
- Brasil, M.S. (2011). Portaria nº 2914.
- CETESB. (2011). *Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. São Paulo: CETESB; Brasília: ANA.
- CETESB. (2015). *Relatório de qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo 2013-2015*. São Paulo: CETESB.
- COHESP. (2015). Acessado em 28 de Outubro de 2016, <<http://cohesp.com.br/resultado-de-minha-analise-apresentou-coliformes-totais-eu-faco/>>.
- CONAMA. (2008). Resolução nº 396.
- Coutinho, J.M.V. (1968). Petrologia do Pré-Cambriano em São Paulo e arredores. Tese (Provisionamento de Cadeira). São Paulo: Instituto de Geociências USP.
- Clark, I., Fritz, P. (1997). *Environmental isotopes in hydrogeology*. New York: CRC Press.
- Cunha, D.G.F., Calijuri, M.C., Lamparelli, M.C., Menegon Jr., N. (2013). Resolução CONAMA 357/2005: análise espacial e temporal de não conformidades em rios e reservatórios do estado de São Paulo de acordo com seus enquadramentos (2005-2009). *Revista Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 18(2), 159-168.
- Custódio, E. (1998). Recarga a los acuíferos: Aspectos generales sobre el proceso, la evaluación y la incertidumbre. *Boletim Geologico Minero*, 109(4), 329-346.
- DAEE. (2016). Acessado em 27 de Outubro de 2016, <http://www.daee.sp.gov.br/index.php?option=com_content&id=68:outorga>.
- Dias, J.P.R.V. (2005). *Composição isotópica de oxigênio e hidrogênio () da precipitação e sua relação com as águas subterrâneas na Cidade de São Paulo*. Tese (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências USP.

- Domingues, V.O., Tavares, G.D., Stuker, F., Michelot, T.M., Reetz, L.G.B., Bertoncheli, C.M., Horner, R. (2007). Contagem de bactérias heterotróficas na água para consumo humano: Comparação entre duas metodologias. *Revista Saúde (Santa Maria)*, 33(1), 15-19.
- FABHAT. (2015). *Relatório de Situação dos Recursos Hídricos: Bacia Hidrográfica do Alto Tietê- UGRHI 06- Ano base 2014*. São Paulo: FABHAT.
- Faure, G., Mensing, T.M. (2005). *Isotopes: principles and applications*. Marion: Wiley.
- Feitosa, F.A.C., Manoel Filho, J. (2000). *Hidrogeologia- Conceitos e aplicações*. Fortaleza: CPRM/REFO, LABHID- UFPE.
- Freeze, R.A., Cherry, J.A. (1979). *Groundwater*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- FUSP. (2002). Plano da Bacia do Alto Tietê. Acessado em 20 de Outubro de 2016. <http://www.comiteat.sp.gov.br/pdf/plano_bacia/Sumario_Executivo_digital.pdf>.
- Gibs, J., Wilde, F.D. (1999) Ground- water sampling: preparations and purging methods at water- supply well and monitoring wells. In: Wilde, F.D., Radtke, D.B., Gibs, J., Iwatsubo, R.T. National field manual for the collection of water-quality data, USGS.
- Hirata, R., Ferreira, L.M.R. (2001). Os aquíferos da Bacia do Alto Tietê: disponibilidade hídrica e vulnerabilidade à poluição. *Revista Brasileira de Geociências*, 31(1), 43-50.
- Hirata, R., Ferrari, L., Ferreira, L., Pede, M. (2002). La explotación de las aguas subterráneas em la Cuenca Hidrográfica del Alto Tietê (São Paulo, Brasil): crônica de uma crisis anunciada. *Boletim Geológico Minero*, 113(3), 273-282.
- Iritani, M. A. (1993). *Potencial Hidrogeológico da Cidade de São Paulo*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências USP.
- Kendall, C., Doctor, D.H. (2003). Stable isotope applications in hydrologic studies. In: Drever, J.I. (ed.) *Treatise on Geochemistry* (v. 5, 319-364). Holland: H.D. & Turekian, K.K. (org).
- Lerner, D.N. (1997). Groundwater recharge. In: Saether, O.M., de Carit, P. (Eds), *Geochemical processes, weathering and groundwater recharge in catchments* (109-150). Rotterdam: A. A. Balkema.
- Lerner, D.N. (2002). Identifying and quantifying urban recharge: a review. *Hydrogeology Journal*, 10, 143-152.
- Lima (2002). *Hidrogeologia urbana: um estudo da recarga em um aquífero livre e raso*. Monografia (Trabalho de Formatura). São Paulo: Instituto de Geociências USP.
- Marcelino, M. B. (1999). *Delimitação de perímetros de proteção dos poços tubulares (PPP) empregando a técnica de modelagem numérica tridimensional*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Instituto de Geociências USP.

Martins, V.T.S. (2008). *Aplicação de isótopos de Pb, Sr, H e O como traçadores da recarga e da contaminação de aquíferos metropolitanos: um exemplo da Bacia do Alto Tietê*. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências USP.

Melo, M.S., Coimbra, A.M., Riccomini, C. (1989). Evolução dos conhecimentos sobre a Geologia da Bacia de São Paulo na década de oitenta. *Workshop Geologia da Bacia de São Paulo*, Publicação Especial, 1-11. São Paulo: Instituto de Geociências USP/ SBG.

Mestrinho, S.S.P. (2013). Qualidade e classificação das águas subterrâneas. In: Giampá, C.E.Q., Gonçalves, V.G., *Águas subterrâneas e poços tubulares profundos* (109-144). São Paulo: Oficina de textos.

PUERHE. (2015). Acesso em 26 de julho de 2016, <<http://www.sef.usp.br/puerhe/recursos-hidricos/puerhe-hidrico-gestao-da-demanda/>>.

PURA. (2013). Acesso em de 26 de julho de 2016, <<http://www.pura.usp.br/resultados/reducao-da-demanda-de-agua/>>.

Riccomini, C. (1989). *O Rift Continental do Sudeste do Brasil*. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências USP.

Riccomini, C.; Coimbra, A.M. & Takiya, H. (1992). Tectônica e sedimentação na Bacia de São Paulo. In: *Problemas Geológicos e Geotécnicos na região Metropolitana de São Paulo*, (21- 45). São Paulo: ABAS/ABGE/SBG.

Rocha, G.A., Jórba, A.F. (2007). *Manual de operação e manutenção de poços*. São Paulo: DAEE.

SABESP. (2016). Acesso em 1 de março de 2016, <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=36>>.

SABESP. (2015). Comunicado 04/15.

São Paulo, Secretaria do Estado da Saúde. (2005). Resolução SS 65.

SEF. (2015). Relatório de Outorga do direito de uso dos poços de água subterrânea da USP. Relatório interno (inédito). São Paulo: Superintendência de Gestão Ambiental.

Szikszy, M. (1993). Geoquímica das águas. *Boletim IG-USP Série Didática*, 5(1), 1-166.

Szikszy, M., Kimmelman, A.A., Hypólito, R., Figueira, R.M., Sameshima, R.H. (1990). Evolution of the chemical composition of water passing through the unsaturated zone to ground water at na experimental site at the University of São Paulo, Brazil. *Journal of Hydrology*, 118, 175-190.

Tamaki, H.O. (2003). *A medição setorizada como instrumentos de gestão da demanda de água em sistemas prediais- estudo de caso: programa de uso racional da água na Universidade São Paulo*. Dissertação (Mestrado). São Paulo: Escola Politécnica USP.

Tundisi, J.G. (2005). *Água no século XXI*. São Carlos: Rima.

Viviani-Lima, J.B. (2007). *Estimativa de recarga em áreas urbanizadas: estudo de caso na Bacia do Alto Tietê (SP)*. Tese (Doutorado). São Paulo: Instituto de Geociências USP.

Wahnfried, I. (2003). *Hidrogeologia urbana: quantificação da recarga para subsidiar uma exploração sustentável*. Monografia (Trabalho de Formatura). São Paulo: Instituto de Geociências USP.

ANEXO I

Resultados de análises químicas dos poços PP1, PP4, PP5 com dados cedidos pelo relatório interno da Superintendência do Espaço Físico da USP, e do poço PP9 por Ricardo Hirata.

ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA DO POÇO PP1							
DADOS REFERENTES A AMOSTRAGEM							
Local de Amostragem: Universidade de São Paulo - USP				Cidade/Estado: São Paulo - SP			
Coordenadas UTM em Km do local: 7.393,80N/ 324,50E							
Data de Coleta: 19/08/2015		Hora de Coleta: 10:10		Amostra simples ou composta?: Simples			
Produto: Água bruta		Origem: Poço tubular profundo		Ponto de coleta: Saída do Poço PP1			
Chuva nas últimas 24h? NI		Condições Climáticas: NI		Observações da coleta: NI			
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA							
Data de Entrada: 19/08/2015		Temperatura no recebimento: 4,6°C					
Objetivo: Portaria MS nº 2914		Início da Análise: 20/08/2015		Término da Análise: 05/10/2015			
ENSAIOS REALIZADOS NO LOCAL DA AMOSTRAGEM							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
pH a 25°C	—	de 6,0 a 9,5	—	0,10215	6,81	SM22, 4500 H+ B, 2012	19/08/15
Temperatura	°C	—	0,1	0,95	19,00	SM22 2550 B, 2012	19/08/15
RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Antimônio	mgSb/L	0,005	0,002	0,0001674	0,003	SM22, 3120- B 2012	03/09/2015
Arsênio	mgAs/L	0,01	0,002	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	03/09/2015
Bário	mgBa/L	0,7	0,01	0,0 037 548	0,03	SM22, 3120- B 2012	03/09/2015
Cádmio	mgCd/L	0,005	0,001	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	03/09/2015
Chumbo	mgPb/L	0,01	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	03/09/2015
Cianeto	mgCN/L	0,07	0,002	n.a.	< LQ	SM22, 4500 CN- C, E e K, 2012	31/08/2015
Cobre	mgCu/l	2	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B 2012	03/09/2015
Cromo	mgCr/L	0,05	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B 2012	03/09/2015
Mercurio	mgHg/l	0,001	0,0002	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B 2012	10/09/2015
Níquel	mgNi/L	0,07	0,01	0,002576	0,03	SM22, 3120- B 2012	03/09/2015
Nitrato	mg/L	10	0,03	0,0138	0,14	EPA 300.1:1999	20/08/2015
Nitrito	mg/L	1	0,03	n.a.	<LQ	EPA 300.1:1999	20/08/2015
Selênio	mgSe/L	0,01	0,005	n.a.	< LQ	SM22 3120- B, 2012	03/09/2015
Alumínio	mgAl/L	0,2	0,01	n.a.	< LQ	SM22 3120- B, 2012	03/09/2015
Amônia	mgNH3/L	1,5	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 4500 NH3 F, 2012	21/08/2015
Cloro	mg/L	250	0,1	0,25585	5,12	EPA 300.1:1999	20/08/2015
Cor aparente	mg Pt-Co/L	15	5	1,6	16	SM22, 2120 C, 2012	20/08/2015
Dureza total	mgCaCO3/L	500	1,00	0,28	14,00	SM22, 2340 B, 2012	21/08/2015
Ferro	mgFe/L	0,3	0,01	0,310712	3,88	SM22, 3120- B, 2012	03/09/2015
Gosto	Intensidade	6	2	n.a.	N D	SM22, 2170 B, 2012	05/09/2015
Odor	Intensidade	6	2	n.a.	< LQ	SM22, 2170 B, 2012	20/08/2015
Manganês	mgMn/L	0,1	0,01	0,003104	0,04	SM22 3120-B, 2012	03/09/2015
Sódio	mgNa/L	200	0,05	0,25024	6,26	SM22, 3111 B, 2012	03/09/2015
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	1000	0,10	4,81	48,13	SM22 2540- C, 2012	27/08/2015
Sulfato	mg/L	250	0,1	0,1061	4,24	EPA 300.1:1999	20/08/2015
Sulfeto de Hidrogênio	mgS/L	0,1	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 4500 S2-G, 2012	20/08/2015
Surfactantes	mgLAS/L	0,5	0,10	n.a.	< LQ	SM22, 5540- C, 2012	24/08/2015
Turbidez	NTU	5	0,02	0,316	7,90	SM22, 2130- B, 2012	20/08/2015
Zinco	mgZn/L	5	0,01	0,09136	1,14	SM22, 3120- B, 2012	03/09/2015
Benzeno	m/L	5	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Benzeno(a)Pireno	µg/L	0,7	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Cloro de Vinila	µg/L	2	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
1,1-Dicloroetano	µg/L	30	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
1,2-Dicloroetano(cis+ trans)	µg/L	50	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Diclorometano	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
di(2-etilhexil)ftalato	µg/L	8	0,1	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Estireno	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Pentaclorofenol	µg/L	9	0,05	n.a.	< LQ	EPA 8270 D 2007	22/08/2015
Tetracloreto de Carbono	µg/L	4	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Tetracloroetano	µg/L	40	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Triclorobenzenos	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Tricloroetano	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
2,4-D+ 2,4,5-T	µg/L	30	1	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Alaclor	µg/L	20	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,03	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Atrazina	µg/L	2	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,2	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
DDT + DDD + DDE	µg/L	1	0,003	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Endossulfan	µg/L	20	0,015	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Endrin	µg/L	0,6	0,001	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Lindano (g-HCH)	µg/L	2	0,005	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Metolaclo	µg/L	10	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Molinala	µg/L	6	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Pendimetalina	µg/L	20	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Permetrina (cis e trans)	µg/L	20	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Simazina	µg/L	2	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Trifluralina	µg/L	20	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Fluoreto	mg/L	1,5	0,01	0	0,06	SM22, 4500 F- C, 2012	11/09/2015
1,2-Diclorobenzeno	mg/L	0,01	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
1,4-Diclorobenzeno	mg/L	0,03	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Etilbenzeno	mg/L	0,2	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Tolueno	mg/L	0,17	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015
Xilenos	mg/L	0,3	0,006	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	01/09/2015

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
E. coli	P/A em 100mL	Ausência	—	n.a.	Ausência	SM22, 9222 Be G, 2012	20/08/2015
Coliformes Totais	P/A em 100mL	Ausência	—	n.a.	Ausência	SM22, 9222 Be G, 2012	20/08/2015

RESULTADOS SUBCONTRATADOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Acetamida[2]	µg/L	0,5	0,2	—	< LQ	EPA 8032A, 1996	27/08/2015
Aldicarb+ Aldicarb-sulfonato+ Aldicarb-sulfóxido[2]	µg/L	10	5	—	< LQ	EPA 8318 A, 2007	27/08/2015
Carbendazim+ Benomil[2]	µg/L	120	50	—	< LQ	EPA 8318 A, 2007	27/08/2015
Carbofurano[2]	µg/L	7	5	—	< LQ	EPA 8318 A, 2007	27/08/2015
Clorpirifós+ Clorpirifós oxom[2]	µg/L	30	0,02	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Diuron[2]	µg/L	90	0,5	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Gilfosato + AMPA[2]	µg/L	500	5	—	< LQ	ERA 300 0:1999.	27/08/2015
Mancozebe[2]	µg/L	180	100	—	< LQ	EPA 8316 A, 2007	27/08/2015
Metamidofós[2]	µg/L	12	0,02	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Parationa Metilica[2]	µg/L	9	0,02	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Profenofós[2]	µg/L	60	0,5	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Tebuconazol[2]	µg/L	180	0,5	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Terbufós[2]	µg/L	1,2	0,5	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Urânio[1]	mg/L	0,03	0,001	n.a.	< LQ	SM22, 3120 B, 2012	04/09/2015

Observações: L.Q. = Limite de Quantificação

n.a. = Não aplicável

n.d. = não determinável

Ni = Não informado

VMP = Valor máximo permitido pela Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.

ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA DO POÇO PP4

DADOS REFERENTES A AMOSTRAGEM

Local de Amostragem: Universidade de São Paulo - USP

Cidade/Estado: São Paulo - SP

Coordenadas UTM em Km do local: 7.393,71N/ 323,03E

Data de Coleta: 18/08/2015

Hora de Coleta: 10:13

Amostra simples ou composta?: Simples

Produto: Água bruta

Origem: Poço tubular profundo

Ponto de coleta: Saída do Poço PP4

Chuva nas últimas 24h? NI

Condições Climáticas: NI

Observações da coleta: NI

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Data de Entrada: 18/08/2015

Temperatura no recebimento: 5,0°C

Objetivo: Portaria MS nº 2914

Início da Análise: 18/08/2015

Término da Análise: 13/10/2015

ENSAIOS REALIZADOS NO LOCAL DA AMOSTRAGEM

Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
pH a 25°C	—	de 6,0 a 9,5	—	0,0825	5,5	SM22, 4500 H+ B, 2012	18/08/15
Temperatura	°C	—	0,1	1,11	22,20	SM22, 2550 B, 2012	18/08/15

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Antimônio	mgSb/L	0,005	0,002	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B 2012	22/08/2015
Arsênio	mgAs/L	0,01	0,002	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Bário	mgBa/L	0,7	0,01	0,0094626	0,08	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Cádmio	mgCd/L	0,005	0,001	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Chumbo	mgPb/L	0,01	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Cianeto	mgCN/L	0,07	0,002	n.a.	< LQ	SM22, 4500 CN- C, E e K, 2012	19/08/2015
Cobre	mgCu/L	2	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Cromo	mgCr/L	0,05	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Mercúrio	mgHg/L	0,001	0,0002	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	24/08/2015
Níquel	mgNi/L	0,07	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Nitrato	mg/L	10	0,03	0,0217	0,22	EPA 300, 1:1999	20/08/2015
Nitrito	mg/L	1	0,03	n.a.	< LQ	EPA 300, 1:1999	20/08/2015
Selênio	mgSe/L	0,01	0,005	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Alumínio	mgAl/L	0,2	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Amônia	mgNH3/L	1,5	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 4500 NH3 F, 2012	21/08/2015
Cloreto	mg/L	250	0,1	0,1454	2,91	EPA 300, 1:1999	20/08/2015
Cor aparente	mg Pt-Co/L	15	5	n.a.	< LQ	SM22, 2120 C, 2012	19/08/2015
Dureza total	mgCaCO3/L	500	1,00	0,08	4,00	SM22, 2340 B, 2012	19/08/2015
Ferro	mgFe/L	0,3	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Gosto	Intensidade	6	2	n.a.	ND	SM22, 2170 B, 2012	22/08/2015
Odor	Intensidade	6	2	n.a.	< LQ	SM22, 2170 B, 2012	19/08/2015
Manganês	mgMn/L	0,1	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Sódio	mgNa/L	200	0,05	0,22288	2,79	SM22, 3111 B, 2012	22/08/2015
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	1000	0,10	2,5129	25,13	SM22, 2540- C, 2012	20/08/2015
Sulfato	mg/L	250	0,1	0,101075	4,04	EPA 300, 1:1999	20/08/2015
Sulfeto de Hidrogênio	mgS/L	0,1	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 4500 S2-G 2012	20/08/2015
Surfactantes	mgLAS/L	0,5	0,10	—	< LQ	SM22, 5540- C, 2012	19/08/2015
Turbidez	NTU	5	0,02	0,0136	0,34	SM22, 2130- B, 2012	19/08/2015
Zinco	mgZn/L	5	0,01	0,078912	0,99	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Benzeno	mg/L	5	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
Benzeno(a)Pireno	µg/L	0,7	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Cloreto de Vinila	µg/L	2	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
1,1-Dicloroetano	µg/L	30	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
1,2-Dicloroetano(cis+ trans)	µg/L	50	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
Diclorometano	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
di(2-etilhexil)ftalato	µg/L	8	0,1	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Estireno	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
Pentaclorofenol	µg/L	9	0,05	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Tetracloreto de Carbono	µg/L	4	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
Tetracloroetano	µg/L	40	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
Triclorobenzenos	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
Tricloroetano	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	22/08/2015
2,4-D+ 2,4,5-T	µg/L	30	1	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Alaclor	µg/L	20	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,03	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Atrazina	µg/L	2	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,2	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
DDT + DDD + DDE	µg/L	1	0,003	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Endossulfan	µg/L	20	0,015	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Endrin	µg/L	0,6	0,001	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Lindano (g-HCH)	µg/L	2	0,005	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Metolaclo	µg/L	10	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Molinate	µg/L	6	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Pendimetalina	µg/L	20	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Permetrina (cis e trans)	µg/L	20	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Simazina	µg/L	2	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Trifluralina	µg/L	20	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	22/08/2015
Fluoreto	mgF/L	1,5	0,01	0,00	0,01	SM22, 4500 F- C, 2012	11/09/2015
Tricloroeteno	mg/L	20	2	0,4575	4,58	EPA 8260 C, 2006	24/08/2015
1,2-Diclorobenzeno	mg/L	0,01	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	22/08/2015
1,4-Diclorobenzeno	mg/L	0,03	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	22/08/2015
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	22/08/2015
Xilenos	mg/L	0,3	0,006	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	22/08/2015
Tolueno	mg/L	0,17	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	22/08/2015
Etilbenzeno	mg/L	0,2	0,002	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	22/08/2015

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
E. coli	P/A em 100mL	Ausência	—	n.a.	Ausência	SM22, 9222 Be G, 2012	18/08/2015
Coliformes Totais	P/A em 100mL	Ausência	—	n.a.	Ausência	SM22, 9222 Be G, 2012	18/08/2015

RESULTADOS SUBCONTRATADOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Acilamida[2]	µg/L	0,5	0,2	—	< LQ	EPA 8032A, 1996	16/09/2015
Aldicarbe+							
Aldicarbessulfona+Aldicarbe sulfóxido[2]	µg/L	10	5	—	< LQ	EPA 8318 A, 2007	16/09/2015
Carbendazim+ Benomil[2]	µg/L	120	50	—	< LQ	EPA 8318 A, 2007	16/09/2015
Carbofurano[2]	µg/L	7	5	—	< LQ	EPA 8318 A, 2007	16/09/2015
Clorpirifós+ Clorpirifós oxom[2]	µg/L	30	0,02	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	16/09/2015
Diuron[2]	µg/L	90	0,5	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	16/09/2015
Glifosato + AMPA[2]	µg/L	500	5	—	< LQ	EPA 300 0:1999.	16/09/2015
Mancozebel[2]	µg/L	180	100	—	< LQ	EPA 8316 A, 2007	16/09/2015
Metamidofós[2]	µg/L	12	0,02	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	16/09/2015
Parationa Metilica[2]	µg/L	9	0,02	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	16/09/2015
Profenofós[2]	µg/L	60	0,5	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	16/09/2015
Tebuconazol[2]	µg/L	180	0,5	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	16/09/2015
Terbufós[2]	µg/L	1,2	0,5	—	< LQ	EPA 8270 D, 2007	16/09/2015
Urânio[1]	mgU/L	0,03	0,001	n.a.	< LQ	SM22, 3120 B, 2012	03/10/2015

Observações: L.Q. = Limite de Quantificação

n.a. = Não aplicável

n.d. = não determinável

Ni = Não informado

VMP = Valor máximo permitido pela Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.

ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA DO POÇO PP5							
DADOS REFERENTES A AMOSTRAGEM							
Local de Amostragem: Universidade de São Paulo - USP				Cidade/Estado: São Paulo - SP			
Coordenadas UTM em Km do local: 7.392,42N/ 322,35E							
Data de Coleta: 12/08/2015		Hora de Coleta: 12:30		Amostra simples ou composta?: Simples			
Produto: Água bruta		Origem: Poço tubular profundo		Ponto de coleta: Salda do Poço PP5			
Chuva nas últimas 24h? NI		Condições Climáticas: NI					
IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA							
Data de Entrada: 12/08/2015		Temperatura no recebimento: 5,2°C					
Objetivo: Portaria MS nº 2914		Início da Análise: 12/08/2015		Término da Análise: 23/09/2015			
ENSAIOS REALIZADOS NO LOCAL DA AMOSTRAGEM							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
pH a 25°C	—	de 6,0 a 9,5	—	0,09225	6,15	SM22, 4500 H+ B, 2012	12/08/15
Temperatura	°C	—	0,1	1,2	24,00	SM22, 2550 B, 2012.	12/08/15
RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Antimônio	mgSb/L	0,005	0,002	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B 2012	22/08/2015
Arsênio	mgAs/L	0,01	0,002	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Bário	mgBa/L	0,7	0,01	0,0179172	0,14	SM22, 3120- B 2012	22/08/2015
Cádmio	mgCd/L	0,005	0,001	n.a.	< LQ	SM22, 3120-B, 2012	22/08/2015
Chumbo	mgPb/L	0,01	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Cianeto	mgCN/L	0,07	0,002	n.a.	< LQ	SM22, 4500 CN- C, E e K, 2012	14/08/2015
Cobre	mgCu/l	2	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B 2012	22/08/2015
Cromo	mgCr/L	0,05	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B 2012	22/08/2015
Mercurio	mgHg/l	0,001	0,0002	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B 2012	24/08/2015
Níquel	mgNi/L	0,07	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 3120- B 2012	22/08/2015
Nitrato	mg/L	10	0,03	n.a.	< LQ	EPA 300.1:1999	18/08/2015
Nitrto	mg/L	1	0,03	n.a.	< LQ	EPA 300.1:1999	18/08/2015
Selênio	mgSe/L	0,01	0,005	n.a.	< LQ	SM22 3120- B, 2012	22/08/2015
Alumínio	mgAl/L	0,2	0,01	n.a.	< LQ	SM22 3120- B, 2012	22/08/2015
Amônia	mgNH3/L	1,5	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 4500 NH3 F, 2012	17/08/2015
Cloroeto	mg/L	250	0,1	0,27	5,31	EPA 300.1:1999	18/08/2015
Cor aparente	mg Pt-Co/L	15	5	n.a.	< LQ	SM22, 2120 C, 2012	13/08/2015
Dureza total	mgCaCO3/L	500	1,00	0,96	48,00	SM22, 2340 B, 2012	13/08/2015
Ferro	mgFe/L	0,3	0,01	0,010928	0,14	SM22, 3120- B, 2012	22/08/2015
Gosto	Intensidade	6	2	n.a.	N.D.	SM22, 2170 B, 2012	26/08/2015
Odor	Intensidade	6	2	n.a.	< LQ	SM22, 2170 B, 2012	13/08/2015
Manganês	mgMn/L	0,1	0,01	0,004443	0,06	SM22 3120-B, 2012	22/08/2015
Sódio	mgNa/L	200	0,05	0,29076	7,27	SM22, 3111 B, 2012	26/08/2015
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	1000	0,10	9633,0	96,33	SM22 2540- C, 2012	18/08/2015
Sulfato	mg/L	250	0,1	000	12,06	EPA 300.1:1999	18/08/2015
Sulfeto de Hidrogênio	mgS/L	0,1	0,01	n.a.	< LQ	SM22, 4500 S2-G 2012	13/08/2015
Surfactantes	mgLAS/L	0,5	0,10	n.a.	< LQ	SM22, 5540- C, 2012	19/08/2015
Turbidez	NTU	5	0,02	0,0464	1,16	SM22, 2130- B 2012	13/08/2015
Zinco	mgZn/L	5	0,01	0,13872	1,73	SM22, 3120- B 2012	22/08/2015
Benzeno	mg/L	5	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
Benzeno(a)Pireno	µg/L	0,7	0,01	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2015
Cloroeto de Vinila	µg/L	2	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
1,1-Dicloroetano	µg/L	30	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
1,2-Dicloroetano(cis+ trans)	µg/L	50	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
Diclorometano	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
di(2-etilhexil)ftalato	µg/L	8	0,1	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2015
Estireno	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
Pentaclorofenol	µg/L	9	0,05	n.a.	< LQ	EPA 8270 D 2007	18/08/2015
Tetracloreto de Carbono	µg/L	4	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
Tetracloreto	µg/L	40	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
Triclorobenzenos	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
Tricloroetano	µg/L	20	2	n.a.	< LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
2,4-D+ 2,4,5-T	µg/L	30	1	n.a.	< LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2015

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Alaclor	µg/L	20	0,01	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2015
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,03	0,002	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2015
Altrazina	µg/L	2	0,01	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2016
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,2	0,002	n.a.	<1,0	EPA 8270 D, 2007	20/08/2017
DDT + DDD + DDE	µg/L	1	0,003	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2018
Endossulfan	µg/L	20	0,015	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2019
Endrin	µg/L	0,6	0,001	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2020
Lindano (γ-HCH)	µg/L	2	0,006	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2021
Metolacolor	µg/L	10	0,01	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2022
Molinate	µg/L	6	0,01	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2023
Pendimetilalina	µg/L	20	0,01	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2024
Permetrina (cis e trans)	µg/L	20	0,002	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2025
Simazina	µg/L	2	0,01	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2026
Trifluralina	µg/L	20	0,01	n.a.	<LQ	EPA 8270 D, 2007	20/08/2027
Fluoreto	mg/L	1,5	0,01	0,0039	0,07	SM22, 4500 F - C, 2012	22/09/15
1,2-Diclorobenzeno	mg/L	0,01	0,002	n.a.	<LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2015
1,4-Diclorobenzeno	mg/L	0,03	0,002	n.a.	<LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2016
Etilbenzeno	mg/L	0,2	0,002	n.a.	<LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2017
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12	0,002	n.a.	<LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2018
Tolueno	mg/L	0,17	0,002	n.a.	<LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2019
Xilenos	mg/L	0,3	0,006	n.a.	<LQ	EPA 8260 C, 2006	18/08/2020
RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
E. coli	P/A em 100mL	Ausência	—	n.a.	Ausência	SM22, 9222 B e G, 2012	12/08/2015
Coliformes Totais	P/A em 100mL	Ausência	—	n.a.	Ausência	SM22 9222 B e G, 2012	12/08/2015
RESULTADOS SUBCONTRATADOS							
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Incerteza	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Acetamida[2]	µg/L	0,5	0,2	—	<LQ	EPA 8032A, 1996	27/08/2015
Aldicarbe+				—			
Aldicarbesulfona+Aldicarbe sulfóxido[2]	µg/L	10	5	—	<LQ	EPA 8318 A, 2007	27/08/2015
Carbendazim+ Benomil[2]	µg/L	120	50	—	<LQ	EPA 8318 A, 2007	27/08/2015
Carbofurano[2]	µg/L	7	5	—	<LQ	EPA 8318 A, 2007	27/08/2015
Clorpirifós+ Clorpirifós oxom[2]	µg/L	30	0,02	—	<LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Diuron[2]	µg/L	90	0,5	—	<LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Glifosato + AMPA[2]	µg/L	500	5	—	<LQ	ERA 300 0.1999	27/08/2015
Mancozeb[2]	µg/L	180	100	—	<LQ	EPA 8316 A, 2007	27/08/2015
Metamido[2]	µg/L	12	0,02	—	<LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Parationa Metilica[2]	µg/L	9	0,02	—	<LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Profenofós[2]	µg/L	60	0,5	—	<LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Tebuconazol[2]	µg/L	180	0,5	—	<LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Terbufós[2]	µg/L	1,2	0,5	—	<LQ	EPA 8270 D, 2007	27/08/2015
Urânio[1]	mg/L	0,03	0,001	n.a.	<LQ	SM22, 3120 B, 2012	10/09/2015
Observações: L.Q. = Limite de Quantificação n.a. = Não aplicável n.d. = não determinável Ni = Não informado VMP = Valor máximo permitido pela Portaria MS nº 2914 de 12 de dezembro de 2011.							

ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA DO POÇO PP7

DADOS REFERENTES À AMOSTRAGEM

Local de Amostragem: Universidade de São Paulo - USP
(Próximo ao Instituto de Geociências)
Data de Coleta: 09/03/2016
Produto: Água bruta
Chuva nas últimas: Não

Cidade/Estado: São Paulo - SP

Hora de Coleta: 15h.15
Origem: Poço tubular profundo
Condições Climáticas: NI

Amostra simples ou composta?: Simples
Ponto de coleta: Saída do Poço PP7
Observações da coleta: NI

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA

Data de Entrada: 10/03/2016
Objetivo: Portaria MS nº 2014, vigente a partir de 12 de dezembro de 2011.

Temperatura no recebimento: °C

Início da Análise: 10/03/2016

Término da Análise: 06/04/2016

ENSAIOS REALIZADOS NO LOCAL DA AMOSTRAGEM

Parâmetro	Unidade	V.M.P.	Resultados	Data de Ensaio
pH a 25°C		de 6,0 a 9,5	6,72	09/03/2016
Temperatura	°C		22,30	09/03/2016

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Antimônio	mgSb/L	0,005	0,005	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Ársênio	mgAs/L	0,01	0,010	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Bário	mgBa/L	0,7	0,010	0,147	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Cádmio	mgCd/L	0,005	0,004	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Chumbo	mgPb/L	0,01	0,009	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Cianeto	mgCN/L	0,07	0,006	< LQ	SMEWW- 22nd Ed. 2012- 4500 CN F	10/03/2016
Cobre	mgCu/L	2	0,009	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Cromo	mgCr/L	0,05	0,010	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Mercúrio	mgHg/L	0,001	0,0004	< LQ	USEPA-7470A.1994	31/03/2016
Nitrato	mg/L	10	0,0150	0,8290	USEPA 9056A: 2007	10/03/2016
Nitrito	mg/L	1	0,0150	< LQ	USEPA 9056A: 2007	10/03/2016
Selênio	mgSe/L	0,01	0,009	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Urânio	mgU/L	0,03	0,018	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Alumínio	mgAl/L	0,2	0,030	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Amônia	mgNH3/L	1,5	0,03	< LQ	EPA 822-R-99-014-199 (B)	12/03/2016
Cloreto	mg/L	250	0,030	5,06	USEPA 9056A: 2007	10/03/2016
Cor aparente	uH	15	8	< LQ	ASTM D 1209: 2009	10/03/2016
Dureza total	mgCaCO3/L	500	0,198	5,73	USEPA 6010C	29/03/2016
Ferro	mgFe/L	0,3	0,030	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Fluoreto	mgF/L	1,5	0,03	0,040	USEPA-7470A.1994	31/03/2016
Odor	Intensidade	-	-	Inodoro	SMEWW- 22nd Ed. 2012- 2150A	10/03/2016
Manganês	mgMn/L	0,1	0,010	0,066	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Níquel	mgNi/L	0,07	0,005	< LQ	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Sódio	mgNa/L	200	0,030	4,67	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	1000	5,00	7,33	SMEWW- 22nd Ed. 2012- 2540B/C/D/E	10/03/2016
Sulfato	mg/L	250	0,030	< LQ	USEPA 9056A: 2007	10/03/2016
Sulfeto de Hidrogênio	mgS/L	0,1	0,0050	< LQ	SMEWW- 22nd Ed. 2012- 4500S2-D	16/03/2016
Surfactantes	mgLAS/L	0,5	0,015	< LQ	SMEWW- 22nd Ed. 2012- 5540C	10/03/2016
Turbidez	uT	5	0,900	< LQ	SMEWW- 22nd Ed. 2012- 2130B	10/03/2016
Zinco	mgZn/L	5	0,070	3,33	USEPA 6010C: 2007	29/03/2016
Benzeno	µg/L	5	3,00	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Benzeno(a)Pireno	µg/L	0,7	0,300	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Bromato	mg/L	0,025	0,005	< LQ	EPA 300.0 POP PA 032	15/03/2016
Clorito	mg/L	0,2	0,02	< LQ	EPA 300.0 POP PA 032	15/03/2016
Cloro Livre	mg/L	5,0	0,009	< LQ	SMEWW- 22nd Ed. 2012- 4500CI-G	10/03/2016
Cloraminas Totais	mg/L	-	0,009	< LQ	SMEWW- 22nd Ed. 2012- 4500CI-G	10/03/2016
Cloreto de Vinila	µg/L	5	1,50	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	3,00	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
1,1-Dicloroetano	µg/L	30	3,00	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Diclorometano	µg/L	20	15	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Estireno	µg/L	20	3,00	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
D(2-etilhexil) ftalato	µg/L	8	0,300	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Pentaclorofenol	µg/L	9	0,300	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Tetracloreto de Carbono	µg/L	4	1,50	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Tetracloreto	µg/L	40	3,00	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Triclorobenzenos	µg/L	20	3,00	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Tricloroetano	µg/L	20	3,00	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
2,4-D+ 2,4,5-T	µg/L	30	0,300	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Acetilamida	µg/L	0,5	0,30	< LQ	USEPA 8032A: 1996	17/03/2016
Alador	µg/L	20	0,8	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Aldicarbe + Aldicarbessulfona + Aldicarbessulfóxido	µg/L	10	5,0	< LQ	USEPA 8318A: 2007	15/03/2016
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,03	0,003	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Atrazina	µg/L	2	8	< 2,00*J	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Carbendazim + Benomil	µg/L	120	3,00	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Carbolfurano	µg/L	7	3,00	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,2	0,003	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Clorpirifos + Clorpirifos-oxon	µg/L	30	3,00	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
DDT + DDD + DDE	µg/L	2	0,003	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Duron	µg/L	90	3,00	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Endossulfan	µg/L	20	0,003	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Endrin	µg/L	0,6	0,003	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Gilfosato + Ampa	µg/L	500	15,0	< LQ	OSHA PV2067.1989	15/03/2016
Lindano (g-BHC)	µg/L	2	0,003	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Mancosebe	µg/L	180	3,00	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Metacloro	µg/L	10	0,003	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Metamidofós	µg/L	12	3,00	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Metolacloro	µg/L	10	0,003	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Molinate	µg/L	6	6,00	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Parationa Metilica	µg/L	9	3,00	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Pendimetilina	µg/L	20	6,00	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Permetrina (cis e trans)	µg/L	20	0,003	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Profenós	µg/L	60	3,00	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Simazina	µg/L	2	6,00	< 2,00*J	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Tebuconazol	µg/L	180	3,00	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Terbufós	µg/L	1,2	0,900	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
2,4,6-Triclorofenol	µg/L	0,2	0,0030	< LQ	USEPA 8270D: 2007	16/03/2016
Trifluralina	µg/L	20	8	< LQ	USEPA-8081B: 2007	17/03/2016
Trihalometano Total	mg/L	0,1	0,0030	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
1,2-Diclorobenzeno	mg/L	0,01	0,003	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
1,4-Diclorobenzeno	mg/L	0,03	0,003	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Estilbenzeno	mg/L	0,2	0,003	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12	0,0030	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Tolueno	mg/L	0,17	0,0030	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016
Xilenos	mg/L	0,3	0,0030	< LQ	USEPA 8260C: 2006	11/03/2016

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
E. coli	P/A em 100mL	Ausência	-	Ausência	SM- 22nd 9221 A e C	10/03/2016
Contagem de Bactérias Heterotróficas	UFC/mL	500	1100		SM- 22nd 9221 A e C	10/03/2016
Coliformes Totais	P/A em 100mL	Ausência	-	Ausente	SM- 22nd 9221 A e C	10/03/2016
Densidade de Cianobactérias	cel./mL	< LQ	1,00		Elisa- Placa	11/03/2016
Microcistina		1,0	0,100	< LQ	Elisa- Placa	11/03/2016
Saxitoxinas	STX/L	3,0	0,080	< LQ	Elisa- Placa	11/03/2016

Observações: L.Q. = Limite de Quantificação

VMP = Valor máximo permitido pela Portaria MS nº 2014.

ANÁLISE QUÍMICA DA ÁGUA DO POÇO PP9

DADOS REFERENTES A AMOSTRAGEM		
Local de Amostragem: Universidade de São Paulo - USP	Cidade/Estado: São Paulo - SP	
Coordenadas UTM em Km do local: 7.393,97N/ 323,7E		
Data de Coleta: 26/03/2012	Hora de Coleta: 08h:00	Amostra simples ou composta?: Simples
Produto: Água bruta	Origem: Poço tubular profundo	Ponto de coleta: Saída do Poço PP9
Chuva nas últimas 24h? Não	Condições Climáticas: NI	Observações da coleta: NI

IDENTIFICAÇÃO DA AMOSTRA		
Data de Entrada: 26/03/2012	Temperatura no recebimento: °C	
Objetivo: Portaria MS nº 518, de 25 de Março de 2004	Início da Análise: 28/03/2012	Término da Análise: 05/04/2012

ENSAIOS REALIZADOS NO LOCAL DA AMOSTRAGEM				
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	Resultados	Data de Ensaio
pH a 25°C	-	de 6,0 a 9,5	6,9	26/03/12
Temperatura	°C	-	21,00	26/03/12

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS						
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
Antimônio	mgSb/L	0,005	0,003	< LQ	Method 3111	02/04/2012
Arsênio	mgAs/L	0,01	0,003	< LQ	Method 3113	02/04/2012
Bário	mgBa/L	0,7	0,5	< LQ	Method 3030	04/04/2012
Cádmio	mgCd/L	0,005	0,003	< LQ	Method 3111	03/04/2012
Chumbo	mgPb/L	0,01	0,003	< LQ	Method 3111	02/04/2012
Cianeto	mgCN/L	0,07	0,003	< LQ	Method 4500	29/03/2012
Cobre	mgCu/L	2	0,2	< LQ	Method 3030	02/04/2012
Cromo	mgCr/L	0,05	0,03	< LQ	Method 3111	04/04/2012
Mercurio	mgHg/L	0,001	0,001	< LQ	Method 3113	02/04/2012
Nitrato	mg/L	10	0,39	< LQ	Method 4500	30/03/2012
Nitrito	mg/L	1	0,003	< LQ	Method 4500	30/03/2012
Selênio	mgSe/L	0,01	0,003	< LQ	Method 3500	29/03/2012
Alumínio	mgAl/L	0,2	0,3	< LQ	Method 3111	04/04/2012
Amônia	mgNH3/L	1,5	0,03	< LQ	Method 4500	30/03/2012
Cloreto	mg/L	250	0,10	< LQ	Method 4500	02/04/2012
Cor aparente	uH	15	3,48	21	Method 2120	29/03/2012
Dureza total	mgCaCO3/L	500	0,03	5,235	Method 3111	03/04/2012
Ferro	mgFe/L	0,3	0,3	0,192	Method 3030	03/04/2012
Fluoreto	mgF/L	1,5	0,03	< LQ	Method 4500	30/03/2012
Gosto	Intensidade	6	-	< LQ	Method 2160	29/03/2012
Odor	Intensidade	6	-	< LQ	Method 2150	29/03/2012
Manganês	mgMn/L	0,1	0,1	< LQ	Method 3030	03/04/2012
Sódio	mgNa/L	200	1,85	11,16	Method 3030	03/04/2012
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	1000	2,0	120	Method 2540	03/04/2012
Sulfato	mg/L	250	0,63	< LQ	Method 4500	30/03/2012
Sulfato de Hidrogênio	mgS/L	0,1	0,03	< LQ	Method 4500	30/03/2012
Surfactantes	mgLAS/L	0,5	0,2	< LQ	Method 5540	30/03/2012
Turbidez	NTU	5	3	< LQ	Method 2130	29/03/2012
Zinco	mgZn/L	5	0,05	0,210	Method 3030	04/04/2012
Benzeno	µg/L	5	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Benzeno(a)Pireno	µg/L	0,7	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Bromato	mg/L	0,025	0,003	< LQ	Met. Interno	29/03/2012
Clorito	mg/L	0,2	0,003	< LQ	Met. Interno	29/03/2012
Cloro Livre	mg/L	5,0	0,1	< LQ	Method 4500	28/03/2012
Cloreto de Vinila	µg/L	5	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
1,2-Dicloroetano	µg/L	10	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
1,1-Dicloroetano	µg/L	30	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Diclorometano	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Estireno	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Pentaclorofenol	µg/L	9	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Tetracloreto de Carbono	µg/L	4	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Tetracloroetano	µg/L	40	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Triclorobenzenos	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Tricloroetano	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
2,4-D + 2,4,5-T	µg/L	30	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Acetilamina	µg/L	0,5	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Alaclor	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Aldrin + Dieldrin	µg/L	0,03	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Atrazina	µg/L	2	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Bentazona	µg/L	300	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Clordano (cis e trans)	µg/L	0,2	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
DDT + DDD + DDE	µg/L	2	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
E< LQossulfan	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
E< LQrin	µg/L	0,6	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Gilfosato	µg/L	500	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Heptaclore e Heptaclore epóxido	µg/L	0,03	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Hexaclorobenzeno	µg/L	1	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Li< LQano (g-BHC)	µg/L	2	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Metaclore	µg/L	10	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Metoxiclore	mg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Monocloramina	mg/L	3	0,09	< LQ	4500 CL	04/04/2012
Molinate	µg/L	8	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Pe< LQimetalina	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Permetrina (cis e trans)	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Propanil	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Simazina	µg/L	2	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
2,4,6 Triclorofenol	mg/L	0,2	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Trifluralina	µg/L	20	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Trihalometano Total	mg/L	0,1	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
1,2-Diclorobenzeno	mg/L	0,01	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
1,4-Diclorobenzeno	mg/L	0,03	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Etilbenzeno	mg/L	0,2	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Monoclorobenzeno	mg/L	0,12	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Tolueno	mg/L	0,17	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012
Xilenos	mg/L	0,3	0,09	< LQ	USEPA	04/04/2012

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS						
Parâmetro	Unidade	V.M.P.	L.Q.	Resultados	Metodologia	Data de Ensaio
E. coli	P/A em 100mL	Ausência	-	Ausência	Method 9223	28/03/2012
Contagem de Bactérias Heterotróficas	UFC/mL	500	1,0	2800	Method 9215	28/03/2012
Coliformes Totais	P/A em 100mL	Ausência	-	Presente	Method 9223	28/03/2012

Observações: L.Q. = Limite de Quantificação

NI = Não informado

VMP = Valor máximo permitido pela Portaria MS nº 518, de 25 de Março de 2004

Anexo II-

Resultados de análises químicas de água subterrânea realizadas no Laboratório de Hidroquímica do Centro de Pesquisa de Águas Subterrâneas (CEPAS) do IGc- USP para os poços PP1, PP4, PP5 e PP7.

Análises químicas do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas- CEPAS/ IGc-USP

Data de entrada: 12/07/2016
 Equipamento utilizado: Cromatógrafo de íons DIONEX ICS-90
 Data de entrega: 22/07/2016
 Número de amostras: 04

Cátions maiores	Li ⁺ mg/L	Na ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L
Limites de detecção (mg/L)	0,001	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,001
Mina_USP- 12.07.2016	< 0,001	5,34	0,080	5,39	14,23	50,75	0,09
PP1- 11.07.2016	0,007	9,42	2,020	4,32	2,04	6,61	1,89
PP1- 11.07.2016 (repetição)	0,009	10,02	1,970	4,44	2,10	6,70	1,93
PP4- 11.07.2016	0,001	4,61	0,010	3,67	0,26	0,36	0,012
PP4- 11.07.2016 (repetição)	0,002	4,66	0,016	3,72	0,27	0,44	0,029
PP5- 12.07.2016	0,009	11,59	0,005	5,570	2,64	12,49	0,007
Amostras aciduladas							

Ânions	F ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	Br ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	HPO ₄ ²⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	[CaCO ₃] mg/dm-3
Limites de detecção (mg/L)	0,01	0,01	0,001	0,001	0,01	0,001	0,01	alcalinidade
Mina_USP- 12.07.2016	0,10	5,04	0,002	0,71	0,91	0,018	17,02	179,89
PP1- 11.07.2016	0,08	12,31	< 0,001	1,33	0,01	0,007	0,34	79,82
PP1- 11.07.2016 (repetição)	0,09	12,77	< 0,001	0,77	0,32	0,010	0,32	79,82
PP4- 11.07.2016	0,02	5,34	0,002	0,47	1,63	0,002	1,01	21,92
PP4- 11.07.2016 (repetição)	0,02	5,45	< 0,001	0,14	1,70	0,002	1,01	21,92
PP5- 12.07.2016	0,06	4,98	0,002	1,12	0,43	0,010	10,81	57,34

Observação: A amostra Mina_USP coletada na mesmo campo que as demais acima, não foi usada para nenhuma análise neste relatório pois é uma água de um corpo superficial do CUASO.

Análises químicas do Centro de Pesquisas de Águas Subterrâneas- CEPAS/ IGc-USP

Data de entrada: 09/03/2016

Data de entrega: 11/04/2016

Número de amostras: 03

Equipamento utilizado: Cromatógrafo de Íons DIONEX ICS-90 (Li, Na, NH₄, K, Mg e Ca) e ESPECTROFOTÔMETRO DE ABSORÇÃO ATÔMICA (Fe, total, Mn e Cu)

Cátions maiores e Elementos Traços	Li ⁺ mg/L	Na ⁺ mg/L	NH ₄ ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Mg ²⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	Fe ^{total} mg/L	Mn ²⁺ mg/L	Cu ²⁺ mg/L
Limites de detecção (mg/L)	0,001	0,01	0,001	0,01	0,01	0,01	0,05	0,02	0,02
PP7- 09.03.16	0,002	3,04	0,001	2,42	0,44	0,79		0,024	

Ânions	F ⁻ mg/L	Cl ⁻ mg/L	NO ₂ ⁻ mg/L	Br ⁻ mg/L	NO ₃ ⁻ mg/L	HPO ₄ ²⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	[CaCO ₃] mg/dm-3
Limites de detecção (mg/L)	0,01	0,01	0,001	0,001	0,01	0,001	0,01	alcalinidade
PP7- 09.03.16	0,035	3,96	0,002	0,09	1,55	0,034	0,09	7,87

Anexo III-

Demanda de água no Campus por Unidade e Ligação e os respectivos gastos com as águas da SABEP.

TABELA DE CONSUMO DE ÁGUA NA CIDADE UNIVERSITÁRIA-USP-2015					
Unidades da FASE 1					
Código USP	Unidade	Ligação	Demanda (m³/ano)	Valor anual cobrado por ligação	Valor total cobrado por Unidade
03 EPUSP			73357	-	
0301	EP	ELÉTRICA	15514	R\$ 187.409,12	R\$ 886.152,56
0302		PRODUÇÃO	3267	R\$ 39.465,36	
0303		BIÊNIO	3658	R\$ 44.188,64	
0304		CIVIL	18419	R\$ 222.501,52	
0305		CIVIL - ANEXO	415	R\$ 5.013,20	
0306		ADMINISTRAÇÃO E ANEXOS	5173	R\$ 62.489,84	
0307		MINAS/METALURGIA	16119	R\$ 194.717,52	
0308		NAVAL	3778	R\$ 45.638,24	
0309		MECÂNICA	2894	R\$ 34.959,52	
0310		SEMI-INDUSTRIAL	2217	R\$ 26.781,36	
0312		HIDRÁULICA 1	1644	R\$ 19.859,52	
0313		HIDRÁULICA 2	174	R\$ 2.101,92	
0314		MECÂNICA OFFSHORE	85	R\$ 1.026,80	
08 FFLCH			20327	-	
0801	FFLCH	ADMINISTRAÇÃO	2781	R\$ 33.594,48	R\$ 245.550,16
0802		CIÊNCIAS SOCIAIS/LETRAS	12307	R\$ 148.668,56	
0803		HISTÓRIA/GEOGRAFIA	3049	R\$ 36.831,92	
0804		CASA DE CULTURA JAPONESA	696	R\$ 8.407,68	
0805		BIBLIOTECA	1494	R\$ 18.047,52	
09 FCF			813	-	
0901	FCF	BLOCO 13B	813	R\$ 9.821,04	R\$ 9.821,04
12 FEA			15096	-	
1201	FEA	FEA	15096	R\$ 182.359,68	R\$ 182.359,68
42 ICB			22917	-	
4201	ICB	ICB I	8601	R\$ 103.900,08	R\$ 276.837,36
4202		ICB II	5133	R\$ 62.006,64	
4203		ICB III	548	R\$ 6.619,84	
4204		ICB IV	8615	R\$ 104.069,20	
4205		ICB III - GUARITA	20	R\$ 241,60	
46 IQ			54918	-	
4601	IQ	BIBLIOTECA	1792	R\$ 21.647,36	R\$ 663.409,44
4603		CONJUNTO DAS QUÍMICAS	52807	R\$ 637.908,56	
4604		BIBLIOTECA - ANEXO	319	R\$ 3.853,52	
62 HU			93257	-	
6201	HU	HU - LIG. OPCIONAL	1	R\$ 12,08	R\$ 1.126.544,56
6202		HU	92671	R\$ 1.119.465,68	
6204		FM - NUCEL	585	R\$ 7.066,80	
Demanda total das Unidades da Fase 1 (m³/ano):			280685	-	
Valor total cobrado das Unidades da Fase 1:					R\$ 3.390.674,80

Tabela de consumo de água na cidade universitária- USP- 2015					
Unidades da FASE 2					
Código USP	Unidade	Ligação	Demanda (m³/ano)	Valor anual cobrado por ligação	Valor anual cobrado por Unidade
01 RUSP			37733	-	R\$ 455.814,64
0101	RUSP	BLOCO K	3044	R\$ 36.771,52	
0102		BLOCO L	4086	R\$ 49.358,88	
0103		ALMOXARIFADO 1	356	R\$ 4.300,48	
0104		ALMOXARIFADO 2	2121	R\$ 25.621,68	
0105		DIVERSOS BARRACÕES 1	1064	R\$ 12.853,12	
0107		DIVERSOS BARRACÕES 3	10637	R\$ 128.494,96	
0109		CENTRO DE CONVIVÊNCIA	612	R\$ 7.392,96	
0111		ARQUIVO CENTRAL	302	R\$ 3.648,16	
0112		SAUSP	485	R\$ 5.858,80	
0113		BIBLIOTECA BRASILIANA	4602	R\$ 55.592,16	
0114		NOVA REITORIA	3923	R\$ 47.389,84	
0115		CONSELHO UNIVERSITÁRIO	290	R\$ 3.503,20	
0116		BLOCO K - ANEXO	343	R\$ 4.143,44	
0117		SCS - RÁDIO USP	3243	R\$ 39.175,44	
0118		SCS - POSTO DE INFORMAÇÕES	42	R\$ 507,36	
0119		STI 1	2173	R\$ 26.249,84	
0120		STI 2	312	R\$ 3.768,96	
0121		STI - CENTRAL TELEFÔNICA	98	R\$ 1.183,84	
04 IEE			3471	-	R\$ 41.929,68
0401	IEE	IEE 1	794	R\$ 9.591,52	
0402		IEE 2	2188	R\$ 26.431,04	
0403		IEE 3	489	R\$ 5.907,12	
10 FMVZ			38106	-	R\$ 460.320,48
1001	FMVZ	FMVZ	38106	R\$ 460.320,48	
14 IAG			7106	-	R\$ 85.840,48
1401	IAG	IAG 1	3242	R\$ 39.163,36	
1402		IAG 2	476	R\$ 5.750,08	
1403		IAG 3	519	R\$ 6.269,52	
1404		IAG 4	2869	R\$ 34.657,52	
16 FAU			8268	-	R\$ 99.877,44
1601	FAU	FAU 1	7984	R\$ 96.446,72	
1602		FAU 2	143	R\$ 1.727,44	
1603		ATELIER	141	R\$ 1.703,28	
21 IO			6736	-	R\$ 81.370,88
2101	IO	IO	6147	R\$ 74.255,76	
2102		BLOCO DIDÁTICO	589	R\$ 7.115,12	
23 FO			22482	-	R\$ 271.582,56
2301	FO	FO	13382	R\$ 161.654,56	
2302		CLÍNICAS	9100	R\$ 109.928,00	

27 ECA			15998	-		R\$ 193.255,84
2701	ECA	ECA	4320	R\$ 52.185,60		
2702		BLOCOS D, E, F	4192	R\$ 50.639,36		
2703		CONJUNTO DAS ARTES	7486	R\$ 90.430,88		
32 MAC			9796	-		R\$ 118.335,68
3201	MAC	MAC	9796	R\$ 118.335,68		
35 SAS			103403	-		R\$ 1.249.108,24
3501	SAS	CRUSP - BLOCO A	8398	R\$ 101.447,84		
3502		CRUSP - BLOCO B	10193	R\$ 123.131,44		
3503		CRUSP - BLOCO C	7741	R\$ 93.511,28		
3504		CRUSP - BLOCO D	8046	R\$ 97.195,68		
3505		CRUSP - BLOCO E	9764	R\$ 117.949,12		
3506		CRUSP - BLOCO F	9683	R\$ 116.970,64		
3507		CRUSP - BLOCO G	8440	R\$ 101.955,20		
3508		CRUSP - BLOCO B - LAVANDERIA	17	R\$ 205,36		
3509		CASA DAS CALDEIRAS	4367	R\$ 52.753,36		
3510		CRECHE CENTRAL	6149	R\$ 74.279,92		
3511		CRECHE OESTE	1474	R\$ 17.805,92		
3513		CLUBE DA UNIVERSIDADE	2075	R\$ 25.066,00		
3514		RESTAURANTE CENTRAL	11393	R\$ 137.627,44		
3515		RESTAURANTE DA FÍSICA	2902	R\$ 35.056,16		
3516		ADMINISTRAÇÃO	223	R\$ 2.693,84		
3520		CRUSP - BLOCO A1	12538	R\$ 151.459,04		
39 EEFE			9852	-		R\$ 119.012,16
3901	EEFE	EEFE	9078	R\$ 109.662,24		
3902		SERVIÇOS GERAIS	774	R\$ 9.349,92		
41 IB			20630	-		R\$ 249.210,40
4101	IB	ERNESTO MARCUS 1	3473	R\$ 41.953,84		
4102		ERNESTO MARCUS 2	41	R\$ 495,28		
4103		ADMINISTRAÇÃO	5167	R\$ 62.417,36		
4104		PAULO SAWAYA	1215	R\$ 14.677,20		
4105		ANDRÉ DREYFUS	4375	R\$ 52.850,00		
4106		PROJETO GENOMA	1516	R\$ 18.313,28		
4107		MINAS GERAIS	1986	R\$ 23.990,88		
4108		CENTRO DE CONVIVÊNCIA	2857	R\$ 34.512,56		
43 IF			19701	-		R\$ 237.988,08
4301	IF	IF	8582	R\$ 103.670,56		
4302		LABORATÓRIO DE PLASMA	962	R\$ 11.620,96		
4303		PELLETRON	1242	R\$ 15.003,36		
4307		ACELERADOR LINEAR	78	R\$ 942,24		
4308		LAFN	65	R\$ 785,20		
4310		LABORATÓRIOS E MANUTENÇÃO	8772	R\$ 105.965,76		
44 IGc			6177	-		R\$ 74.618,16
4401	IGc	IGc	6177	R\$ 74.618,16		
4402		POÇO ARTESIANO P7	0	R\$ -		
4403		POÇO ARTESIANO P8	0	R\$ -		

45 IME			6478	-	R\$ 78.254,24
4501	IME	IME 1	5435	R\$ 65.654,80	
4502		IME 2	1043	R\$ 12.599,44	
47 IP			11126	-	R\$ 134.402,08
4701	IP	IP	11126	R\$ 134.402,08	
48 FE			8661	-	R\$ 104.624,88
4801	FE	FE	8013	R\$ 96.797,04	
4802		BIBLIOTECA	648	R\$ 7.827,84	
49 PUSP-C			8671	-	R\$ 104.745,68
4901	PUSP-C	PUSP-C	6219	R\$ 75.125,52	
4902		PORTARIA 1 - PRINCIPAL	168	R\$ 2.029,44	
4903		PORTARIA 2 - JAGUARÉ	159	R\$ 1.920,72	
4904		PORTARIA MERCADINHO	629	R\$ 7.598,32	
4905		PORTARIA VILA INDIANA	68	R\$ 821,44	
4907		PÇA. DO RELÓGIO	2	R\$ 24,16	
4908		FONTE	0	R\$ -	
4909		VIVEIRO DE PLANTAS - PORTARIA	101	R\$ 1.220,08	
4910		VIVEIRO DE PLANTAS	1005	R\$ 12.140,40	
4911		PÇA. RAMOS DE AZEVEDO	0	R\$ -	
4915		POÇO ARTESIANO P6	1	R\$ 12,08	
4919		PORTARIA ALMEIDA PRADO	162	R\$ 1.956,96	
4920		PORTARIA 3 - CORIFEU	157	R\$ 1.896,56	
63 CEPEUSP			64586	-	R\$ 780.198,88
6301	CEPEUSP	VELÓDROMO	16321	R\$ 197.157,68	
6302		CEPEUSP 1	5500	R\$ 66.440,00	
6303		CEPEUSP 2	46	R\$ 555,68	
6304		ESTÁDIO OLÍMPICO	11290	R\$ 136.383,20	
6305		RAIA OLÍMPICA	9	R\$ 108,72	
6307		PQ.ESPORTE PARA TODOS	395	R\$ 4.771,60	
6308		PISCINAS MÚLTIPLAS	25306	R\$ 305.696,48	
6309		GARAGEM DE BARCOS	5719	R\$ 69.085,52	
71 MAE			3749	-	R\$ 45.287,92
7101	MAE	MAE	3749	R\$ 45.287,92	
Demanda total nas Unidades da Fase 2 (m³/ano):				-	-
Valor total cobrado das Unidades da Fase 2:					R\$ 4.985.778,40
Valor total cobrado na Cidade Universitária (Unidades da Fase 1 e Fase 2):					R\$ 8.376.453,20
Valor total da conta de água e esgoto na Cidade Universitária:					R\$ 16.752.906,40

Anexo IV

Custos relacionados à instalação, operação e manutenção de poços tubulares profundos para os casos 1 e 2.

TABELA DE CUSTOS DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA USP				
Consumo de água médio mensal		60000	m³	
Regime de trabalho do poço		20	h/dia	
Custo aproximado de poço novo implantado e instalado				
Vida útil do poço construído		30 anos		
Poço + conjunto de bombas + acabamento do poço		R\$ 500,000.00		
Custo de outorga inicial:		R\$ 25,000.00		
Custo Operacional				
Custo de energia elétrica gerada pela bomba				
Tarifa paga pela USP:		R\$ 0.4069	(esse custo varia de acordo com o tipo de tarifa)	
Poços existentes na USP	Vazão ótima explorável (m³/h)	Potência		
		HP	KW	
PP1	Q= 37	20	14.914	
PP4	Q= 20	7.5	5.59275	
PP5	Q= 4.5	4.5	3.35565	
	Total de potência:	32	23.86	
Bomba	Tratamento e recalque	Adicional de 20% do total gasto pela bomba		
	margem de segurança	Adicional de 20% do total gasto pela bomba		
Custos de manutenção				
Custos de análises de água - considerando 10000 usuários/dia				
	Análises	Quantidade de análises requeridas	Custo por análise (R\$)	
Para 1 poço	análises Port 2914/ ano	2	R\$ 2,000.00	
	análises SS-65 /mês	1	R\$ 200.00	
Custo de bombas submersas (R\$) (vida útil de 5 anos)				
PP1		R\$ 15,000.00		
PP4		R\$ 10,000.00		
PP5		R\$ 7,500.00		
Total		R\$ 32,500.00		
Total por ano		R\$ 6,500.00		
serviços e materiais gerais de manutenção por ano (2 x total custo bombas por ano)		R\$ 13,000.00		

Anexo V

Ficha de cadastro de poço com planilhas de teste de bombeamento e informações construtivas e litológicas dos poços PP1, PP4 e PP5. Adaptada de Relatório interno da SEF-USP, 2015.

1) IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO							
UGRHI: 6	Folha topográfica: 3313 1:10.000	Folha topográfica: 343 1:50.000	N.º poço DAEE: -				
Município:	São Paulo / SP						
Bairro / Distrito:	Butantã					CGC / CPF: 03.025.530/0002-95	
Endereço:	Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280						
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP					N.º poço local: PP1	
Projetista:	Desconhecido		Data de construção: Desconhecido				
Coordenadas:	N/S: 7.393,80		E/O: 324,50		Cota (m): 721,00		
Tipo de poço:	1	1. Tubular	2. Escavado / Cisterna / Cachimbo	3. Ponteira	4. Outro		
Finalidade da perfuração:	1	1. Exploração de água	2. Explor. de petróleo	3. Piezômetro	4. Recarga de aquífero	5. Outro	
Uso da água:	1	1. Abastecimento público	2. Industrial / Sanitário	3. Doméstico	4. Recreação	5. Irrigação	
		6. Criação animal	7. Industrial / Processo	8. Não utilizada	9. Outro		
Situação do poço:	1	1. Equipado	2. Abandonado	3. Não equip. utilizável	4. Soterrado	5. Jorrante equipado	6. Outro
Aquífero explorado:	Sedimentar (Formação São Paulo)						
2) CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO							
Profundidade do poço: 64,00			Drenos		Galerias		
			Comprimento: -	Largura: -	Comprimento: -	Largura: -	
DIÂMETRO DE PERFURAÇÃO							
De (m)	A (m)	Diâm. (mm)	Diâm. (pol.)	Método	Fluido	Método	Fluido
0,00	17,00	508,00	20		1 ?	1- Rotativo direto	1 - Água
17,00	72,00	311,15	12 1/4		1 ?	2- Rotativo reverso	2 - Bentonita
						3- Percussão	3- Polímeros
						4- Roto percussão	4- Misto
TUBO DE BOCA							
Profundidade (m):	17,00	Diâmetro (mm):	350,00	Espessura (mm):	??,??		
2.1) REVESTIMENTO (TUBO LISO)							
De (m)	A (m)	Diâm. (mm)	Diâm. (pol.)	Material	Código do material		
0,00	32,00	152,40	6	1	1 - Aço preto		
17,00	50,00	152,40	6	1	2 - Aço inox		
	56,00	152,40	6	1	3 - PVC		
	64,00	152,40	6	1	4 - Galvanizado		
					5 - Outros		
2.2) REVESTIMENTO (FILTRO)							
De (m)	A (m)	Diâm. (mm)	Diâm. (pol.)	Material	Código do material		
32,00	46,00	152,40	6	?	1 - Espiralado galvan.		
50,00	52,00	152,40	6	?	2 - Espiralado inox		
56,00	60,00	152,40	6	?	3- PVC		
					4- Estampado preto		
					5- Estampado galv.		
					6- Tubo ranhurado		
					7- Outros		
2.3) PRÉ- FILTRO							
Tipo:			Granulometria (mm)	Volume (m³)			
1 - Jacarel 2 - Pérola 3 - Pirambóia			?? - ??	??			
2.4) CIMENTAÇÃO							
Profundidade (m):		Traço:	1- Calda 2- Argamassa	Volume (m³)			
17,00		1		????			
3) PERFIL GEOLÓGICO							
De (m)	A (m)						
0,00	2,00	Aterro					
2,00	4,00	Areia muito grosseira, mal selecionada;					
4,00	6,00	Areia conglomerática, mal selecionada;					
6,00	10,00	Areia média a grossa, mal selecionada, quartzo-feldspática;					
10,00	14,00	Areia conglomerática, com matriz média a grossa, mais selecionada, quartzo- feldspática;					
14,00	16,00	Areia conglomerática com matriz grossa					
16,00	22,00	Areia conglomerática, muito grosseira, mal selecionada, quartzo- feldspática, com grãos oxidados					
22,00	24,00	Areia média, quartzo-feldspática, mal selecionada.					
24,00	32,00	Conglomerado com matriz média bem selecionada, quartzosa parte grosseira, angulosa a subangulosa, medianamente selecionada. Presença de matéria orgânica.					
32,00	42,00	Areia média média bem selecionada, arredondada, quartzosa com pequena porção grosseira conglomerática.					
42,00	48,00	Areia média, bem, selecionada, com intercalações de areia grosseira.					
48,00	52,00	Areia fina a média conglomerática, com predominância de finos nos primeiros metros					
52,00	71,00	Argila cinza-azulada com porção silto-arenosa fina					
71,00	72,00	Embasamento cristalino					
4) PERFIL ESTRATIGRÁFICO							
De (m)	A (m)	Grupo ou Formação					
0,00	71,00	Formação São Paulo					
71,00	72,00	Embasamento Cristalino					
5) ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA							
Data	19/08/2015	Laboratório	Hidrolab Lab. de Controle de Qualidade Ltda				

6) TESTE DE BOMBEAMENTO						
Tipo de teste realizado	DURAÇÃO (Horas)					
Rebaixamento	24					
Recuperação	4					
Produção	6					
6.1) RESUMO DO TESTE						
VAZÃO (m³/h)	NÍVEL ESTÁTICO (m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	REBAIXAMENTO (m)			
37,89	6,75	43,66	36,91			
EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO UTILIZADO:						
Profundidade de Instalação (m)	Ponto de referência de medição de nível (m)			Potência (HP)		
48,00	0,45			12,50		
6.2) INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO						
VAZÃO ESPECÍFICA:	1,0266 m³/h/m					
REBAIXAMENTO ESPECÍFICO:	0,0741 m/m³/h					
PERDA DE CARGA DO AQUÍFERO (B):	-					
PERDA DE CARGA DO POÇO (C):	-					
EFICIÊNCIA HIDRÁULICA:	-					
COEFICIENTE DE TRANSMISSIVIDADE:	-					
COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO:	-					
7) CONDIÇÃO DE EXPLORAÇÃO E FUNCIONAMENTO						
VAZÃO DE EXPLORAÇÃO	NÍVEL DIN	HORAS/DIA	DIAS/MÊS	MÊS/ANO		
37,89 m³/h	37,51 m	20	30	12		
EQUIPAMENTO INSTALADO: 1						
1 - BOMBA SUBMERSA		2 - EIXO (PROLONGADO)		3 - AIR LIFT		
4 - OUTROS						
MODELO	PROFUNDIDADE DE INSTALAÇÃO	POTÊNCIA	DIÂMETRO DA BOMBA			
EBARA, BHS 516-05, 12,5 HP, 220 V T	48,00	12,5 HP	6 pol			
8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO						
Município:	São Paulo / SP		Local: Av. Professor Almeida Prado, n.º 1 280			
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP					
Tipo de teste:	Rebaixamento vazão máxima					
Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1290) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS						
Equipamento de bombeamento	Diâmetro (p)	Estágio (n.º)	(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potência (CV):	
	6	5	BHS 516-05	48,00	12,50	
LOCAL DE MEDIÇÃO	poço Bombeado	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	P-01	-	64,00 m	Tambor de 200 litros	6,75	+0,45
Data	Hora Minuto	N.D' água (m)	s (m)	Vazão (m³/h)	Observações	
18/08/15	12:30	6,75	0,00	42,35	Água turva	
	12:31	28,77	20,02	42,35	Registro todo aberto	
	12:32	28,21	21,46	42,35		
	12:33	28,72	21,97	42,35		
	12:34	29,18	22,43	42,35		
	12:35	29,53	22,78	42,35	Água limpa	
	12:36	29,85	23,10	42,35		
	12:37	30,11	23,36	42,35		
	12:38	30,48	23,73	42,35		
	12:39	30,72	23,97	42,35	Água limpa	
	12:40	31,05	24,30	42,35		
	12:42	31,35	24,60	42,35		
	12:44	31,79	25,04	42,35	Água limpa	
	12:46	32,01	25,26	42,35		
	12:48	32,30	25,55	40,00		
	12:50	32,58	25,83	40,00		
	12:55	33,02	26,27	40,00		
	13:00	33,48	26,73	40,00		
	13:05	33,84	27,09	40,00		
	13:10	34,24	27,49	40,00		
	13:15	34,54	27,79	40,00		
	13:20	34,81	28,06	40,00		
	13:30	35,29	28,54	40,00		
	13:40	35,73	28,98	40,00		
	13:50	36,18	29,43	40,00		
	14:00	36,44	29,69	40,00		
	14:10	36,86	30,11	40,00		
18/08/15	14:20	36,84	30,09	40,00		
	14:30	37,39	30,64	40,00		
	15:00	38,58	31,83	40,00	Água limpa	
	15:30	38,81	32,06	40,00		

	16:00	39,17	32,42	40,00	
	16:30	39,40	32,65	40,00	
	17:00	39,81	33,06	40,00	
	17:30	40,05	33,30	40,00	
	18:30	40,56	33,81	40,00	
	19:30	41,05	34,30	40,00	
	20:30	41,39	34,64	40,00	
	21:30	41,82	35,07	40,00	
	22:30	42,03	35,28	40,00	
	23:30	42,22	35,47	40,00	Água limpa
19/08/2015	00:30	42,61	35,86	37,89	
	01:30	42,84	36,09	37,89	
	02:30	43,08	36,33	37,89	
	03:30	43,13	36,38	37,89	
	04:30	43,20	36,45	37,89	
	05:30	43,19	36,44	37,89	
	06:30	43,27	36,52	37,89	
	07:30	43,37	36,62	37,89	Pequena regulagem no registro
	08:30	43,09	36,34	37,89	
	09:30	43,52	36,77	37,89	
	10:30	43,63	36,88	37,89	Coletada água para análise pelo Lab. Hidrolabor
	11:30	43,62	36,87	37,89	
	12:30	43,66	36,91	37,89	

8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO

Município:	São Paulo / SP	Local:	Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP		
Tipo de teste:	Recuperação de nível		

Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1290) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Equipamento de bombeamento	Diâmetro (p. Estágio (n.º))	(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potência (CV):		
	6	5 BHS 516-05	48,00	12,50		
LOCAL DE MEDIÇÃO	po. Bombea	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	P-01	-	64,00 m	Tambor de 200 litros	6,75	+0,45

Data	Hora Minuto	N.D.º água (m)	s (m)	Vazão (m³/h)	Observações	
19/08/15	12:30	43,66	36,91			
	12:31	34,10	27,35			
	12:32	24,48	17,73			
	12:33	23,82	17,07			
	12:34	22,94	16,19			
	12:35	22,38	15,63			
	12:36	21,89	15,14			
	12:37	21,48	14,73			
	12:38	21,21	14,46			
	12:39	20,99	14,24			
	12:40	20,84	14,09			
	12:42	20,48	13,73			
	12:44	20,18	13,43			
	12:46	19,95	13,20			
	12:48	19,59	12,84			
	12:50	19,35	12,60			
	12:55	18,85	12,10			
	13:00	18,33	11,58			
	13:05	17,95	11,20			
	13:10	17,51	10,76			
	13:15	17,04	10,29			
	13:20	16,83	10,08			
	13:30	16,31	9,56			
	13:40	15,88	9,13			
	13:50	15,47	8,72			
	14:00	15,03	8,28			
	14:10	14,88	8,13			
19/08/15	14:20	14,63	7,88			
	14:30	14,34	7,59			
	15:00	13,83	7,08			
	15:30	13,62	6,87			
	16:00	13,45	6,70			
	16:30	13,08	6,33			

8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO

Município:	São Paulo / SP	Local:	Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280
------------	----------------	--------	--

Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP					
Tipo de teste:	Teste escalonado (1ª ETAPA- 40%)					
Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1290) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS						
Equipamento de bombeamento	Diâmetro (p)	Estágio (n.º):	(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potência (CV):	
	6	5	BHS 516-05	48,00	12,50	
LOCAL DE MEDIÇÃO	ço Bombea	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	PP1	-	64,00 m	Tambor de 200 litros	6,75	+0,45
Data	Hora Minuto	N.D' água (m)	s (m)	Vazão (m³/h)	Observações	
19/08/15	16:30	13,08	6,33	15,00	Regulando registro	
	16:31	19,05	12,30	15,00		
	16:32	20,88	14,13	15,00		
	16:33	21,87	15,12	15,00		
	16:34	20,74	13,09	15,00	Regulando registro	
	16:35	20,96	14,21	15,00		
	16:36	21,49	14,74	15,00		
	16:37	21,87	15,12	15,00	Regulando registro	
	16:38	21,91	15,16	15,00		
	16:39	21,98	15,23	15,00		
	16:40	22,02	15,27	15,00		
	16:42	22,09	15,34	15,00	Água limpa	
	16:44	22,19	15,44	15,00		
	16:46	22,28	15,53	15,00		
	16:48	22,39	15,64	15,00		
	16:50	22,44	15,69	15,00		
	16:55	22,57	15,82	15,00		
	17:00	22,70	15,95	15,00		
	17:05	22,80	16,05	15,00		
	17:10	22,84	16,09	15,00		
	17:15	22,88	16,13	15,00		
	17:20	22,97	16,22	15,00		
	17:30	23,07	16,32	15,00		
	17:40	23,13	16,38	15,00		
	17:50	23,13	16,38	15,00		
	18:00	23,23	16,48	15,00	Água limpa	
	18:10	23,17	16,42	15,00		
	18:20	23,21	16,46	15,00		
19/08/15	18:30	23,21	16,46	15,00		
8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO						
Município:	São Paulo / SP			Local: Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.260		
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP					
Tipo de teste:	Teste escalonado (2ª ETAPA- 60%)					
Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1290) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS						
Equipamento de bombeamento	Diâmetro (p)	Estágio (n.º):	(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potência (CV):	
	6	5	BHS 516-05	48,00	12,50	
LOCAL DE MEDIÇÃO	ço Bombea	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	PP1	-	64,00 m	Tambor de 200 litros	6,75	+0,45
Data	Hora Minuto	N.D' água (m)	s (m)	Vazão (m³/h)	Observações	
19/08/15	18:30	23,21	16,46	18,00	Regulando registro	
	18:31	24,18	17,43	18,95		
	18:32	25,67	18,92	22,50		
	18:33	25,94	19,19	22,50		
	18:34	26,18	19,43	22,50		
	18:35	26,47	19,72	22,50		
	18:36	26,59	19,84	22,50		
	18:37	26,69	19,94	22,50		
	18:38	26,75	20,00	22,50		
	18:39	26,77	20,02	22,50	Água limpa	
	18:40	26,83	20,08	22,50		
	18:42	26,95	20,20	22,50		
	18:44	26,97	20,22	22,50		
	18:46	27,12	20,37	22,50	Regulando registro	
	18:48	27,06	20,31	22,50		
	18:50	27,10	20,35	22,50		
	18:55	27,22	20,47	22,50		
	19:00	27,29	20,54	22,50		
	19:05	27,54	20,79	22,50		

	19:10	27,73	20,98	22,50	
	19:15	27,81	21,06	22,50	
	19:20	27,90	21,15	22,50	Água limpa
	19:30	27,97	21,22	22,50	
	19:40	28,04	21,29	22,50	
	19:50	28,14	21,39	22,50	
	20:00	28,23	21,48	22,50	
	20:10	28,29	21,54	22,50	
	20:20	28,35	21,60	22,50	
19/08/15	20:30	28,45	21,70	22,50	

8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO

Município:	São Paulo / SP	Local:	Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP		
Tipo de teste:	Teste escalonado (3ª ETAPA - 80%)		

Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1290) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

Equipamento de bombeamento	Diâmetro (p):	Estágio (n.º):	(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potência (CV):	
	6	5	BHS 516-05	48,00	12,50	
LOCAL DE MEDIÇÃO	po Bombear	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	P-01	-	64,00 m	Tambor de 200 litros	6,75	+0,45

Data	Hora	Minuto	N.D. água (m)	s (m)	Vazão (m³/h)	Observações
19/08/15	20:30	28,45	21,70	24,00	Regulando registro	
	20:31	29,49	22,74	27,69		
	20:32	30,34	23,59	30,00	Água limpa	
	20:33	30,82	24,07	27,69		
	20:34	31,20	24,45	30,00		
	20:35	31,73	24,98	27,69	Regulando registro	
	20:36	31,87	25,12	30,00		
	20:37	32,08	25,33	30,00		
	20:38	32,33	25,58	30,00		
	20:39	32,18	25,43	30,00		
	20:40	32,56	25,81	30,00		
	20:42	32,78	26,03	30,00	Água limpa	
	20:44	32,92	26,17	30,00		
	20:46	33,04	26,29	30,00		
	20:48	33,12	26,37	30,00		
	20:50	33,17	26,42	30,00	Regulando registro	
	20:55	33,34	26,59	30,00		
	21:00	33,46	26,71	30,00		
	21:05	33,55	26,80	30,00		
	21:10	33,69	26,94	30,00		
	21:15	33,75	27,00	30,00		
	21:20	33,80	27,05	30,00		
	21:30	33,95	27,20	30,00		
	21:40	34,13	27,38	30,00		
	21:50	34,29	27,54	30,00	Água limpa	
	22:00	34,44	27,69	30,00		
	22:10	34,59	27,84	30,00		
	22:20	34,76	28,01	30,00		
19/08/15	22:30	34,92	28,17	30,00	Água limpa	

8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO

Município:	São Paulo / SP	Local:	Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP		
Tipo de teste:	Gráficos de interpretação dos testes		

Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1290) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

ANEXO 1 - REGISTRO DOS TIPOS DE BOMBAMENTO E DE VÁZIO, OBSERVAÇÃO E NÍVEL ESTÁTICO						
Equipamento de bombeamento	Diâmetro (p) Estágio (n.º):		(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potência (CV):	
	6	5	BHS 516-05	48,00	12,50	
LOCAL DE MEDIÇÃO	Poço Bombear	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	P-01	-	64,00 m	Tambor de 200 litros	6,75	+0,45

INÍCIO				TÉRMINO			
Data: 18/08/15		Hora: 12:30		Data: 19/08/15		Hora: 22:30	
Q (m³/h)	N.D. (m)	s med (m)	s/Q (m³/h)	Q/s (m³/h/m)	Duração (h)	s calc (m)	s/Q calc (m³/h)
37,89	43,66	36,91	0,9740	1,0267	24	37,43	0,9877
15,00	23,21	16,46	1,0973	0,9113	2	17,84	1,1891
22,50	28,45	21,70	0,9644	1,0369	2	23,39	1,0395

30,00	34,92	28,17	0,9390	1,0650	2	30,07	1,0023
INTERPRETAÇÃO							
Equação tipo:	$s=B \cdot Q + C \cdot Q^2$			Q/s (m ³ /h/m)=	1,0267		
B =	1,23776			s/Q (m/m ³ /h)=	0,9740		
B (24 h) =	0,57385			Eficiência=	75,57%		
C =	0,01056			T (m ² /dia)=	31,2560		
CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO PREVISTAS							
Vazão (m ³ /h):	37,89		Nível dinâmico (m):	43,65	Profundidade- instalação da bomba (m)	48,00	

PP4: Informações construtivas, litológicas, estratigráficas e teste de bombeamento

1) IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

UGRHI: 6	Folha topográfica: 3313 1:10.000	Folha topográfica: 343 1:50.000	N.º poço DAEE: -
Município:	São Paulo / SP		
Bairro / Distrito:	Butantã		CGC / CPF: 63.025.530/0002-95
Endereço:	Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280		
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP		N.º poço local: PP4
Projetista:	Desconhecido	Data de construção: Desconhecido	
Coordenadas:	N/S: 7.393,71	E/O: 323,03	Cota (m): 723,00
Tipo de poço:	1	1. Tubular	2. Escavado / Cisterna / Cachimbo
Finalidade da perfuração:	1	1. Exploração de água	2. Explor. de petróleo
Uso da água:	1	1. Abastecimento público	2. Industrial / Sanitário
Situação do poço:	1	1. Equipado	2. Abandonado
Aquífero explorado:	Sedimentar (Formação São Paulo)		

2) CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

Profundidade do poço: 47,50		Drenos		Galerias	
		Comprimento: -	Largura: -	Comprimento: -	Largura: -
DIÂMETRO DE PERFURAÇÃO					
De (m)	A (m)	Diâm. (mm)	Diâm. (pol.)	Método	Fluido
0,00	??	508,00	20	1	1 - Rotativo direto
??	50,00	311,15	12 1/4	1	2 - Rotativo reverso
					3 - Percussão
					4 - Roto percussão

TUBO DE BOCA

Profundidade (m):	??	Diâmetro (mm):	350,00	Espessura (mm):	??,??
-------------------	----	----------------	--------	-----------------	-------

2.1) REVESTIMENTO (TUBO LISO)

De (m)	A (m)	Diâm. (mm)	Diâm. (pol.)	Material	Código do material
0,00	??	152,40	6	1	1 - Aço preto
??	??	152,40	6	1	2 - Aço inox
??	47,50	152,40	6	1	3 - PVC
					4 - Galvanizado
					5 - Outros

2.2) REVESTIMENTO (FILTRO)

De (m)	A (m)	Diâm. (mm)	Diâm. (pol.)	Material	Código do material
??	??	152,40	6	?	1 - Espiralado galvan.
??	??	152,40	6	?	2 - Espiralado inox
					3 - PVC
					4 - Estampado preto
					5 - Estampado galv.
					6 - Tubo ranhurado
					7 - Outros

2.3) PRÉ-FILTRO

Tipo:	Granulometria (mm)		Volume (m³)
1 - Jacaré	2 - Pérola	3 - Pirambóia	?? - ??

2.4) CIMENTAÇÃO

Profundidade (m):	Traço:	1 - Calda	2 - Argamassa	Volume (m³)
??	?			????

3) PERFIL GEOLÓGICO

De (m)	A (m)	
0,00	48,00	Sedimentos variados da Formação São Paulo
48,00	50,00	Embasamento cristalino.

4) PERFIL ESTRATIGRÁFICO

De (m)	A (m)	Grupo ou Formação
0,00	71,00	Formação São Paulo
71,00	72,00	Embasamento Cristalino

5) ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

Data	18/08/2015	Laboratório	Hidrolabor Lab. de Controle de Qualidade Ltda
------	------------	-------------	---

6) TESTE DE BOMBEAMENTO

Tipo de teste realizado	DURAÇÃO (Horas)
Rebaixamento	24
Recuperação	4
Produção	-

6.1) RESUMO DO TESTE

VAZÃO (m³/h)	NÍVEL ESTÁTICO (m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	REBAIXAMENTO (m)
20,00	7,22	39,79	32,57

EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO UTILIZADO:

Profundidade de instalação (m)	Ponto de referência de medição de nível (m)	Potência (HP)
42,00	0,5	7,5

6.2) INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO

VAZÃO ESPECÍFICA:	0,6141 m³/h/m
REBAIXAMENTO ESPECÍFICO:	1,6285 m³/m³/h
PERDA DE CARGA DO AQUIFERO (B):	-
PERDA DE CARGA DO POÇO (C):	-

EFICIÊNCIA HIDRÁULICA:		-				
COEFICIENTE DE TRANSMISSIVIDADE:		-				
COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO:		-				
7) CONDIÇÃO DE EXPLORAÇÃO E FUNCIONAMENTO						
VAZÃO DE EXPLORAÇÃO	NÍVEL DINÂMICO	HORAS/DIA	DIAS/MÊS	MÊS/ANO		
20,00	34,36	20	30	12		
EQUIPAMENTO INSTALADO: 1		1 - BOMBA SUBMERSA	2 - EIXO (PROLONGADO)	3 - AIR LIFT	4 - OUTROS	
MODELO		PROFUNDIDADE DE INSTALAÇÃO	POTÊNCIA	DIÂMETRO DA BOMBA		
EBARA, BHS 516-05, 7,5 HP, 220 V TRIFÁSICA		42,00	7,5	6 pol.		
8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO						
Município:	São Paulo / SP		Local: Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280			
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP					
Tipo de teste:	Rebaixamento vazão máxima					
Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1200) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS						
Equipamento de bombeamento	Diâmetro (pol):	Estágio (n.º):	(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potência (CV):	
	6	5	BHS 516-05	42	7,5	
LOCAL DE MEDIÇÃO	Poço Bombeado:	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	PP4	-	47,50	Tambor de 200 litros	7,22	+0,50
Data	Hora Minuto	N.D' água (m)	s (m)	Vazão (m³/h)	Observações	
17/08/15	12:30	7,22	0,00	42,35	Água turva	
	12:31	38,48		42,35	Registro todo aberto	
	12:32	39,44		42,35		
	12:33	39,00		42,35		
	12:34	39,80		42,35		
	12:35	39,86		42,35	Água limpa	
	12:36	39,75		42,35		
	12:37	39,76		42,35		
	12:38	39,75		42,35		
	12:39	39,80		42,35	Água limpa	
	12:40	39,77		42,35		
	12:42	39,73		42,35		
	12:44	39,77		42,35	Água limpa	
	12:46	39,73		42,35		
	12:48	39,76		40,00		
	12:50	39,70		40,00		
	12:55	39,88		40,00		
	13:00	39,76		40,00		
	13:05	39,81		40,00		
	13:10	39,79		40,00		
	13:15	39,81		40,00		
	13:20	39,77		40,00		
	13:30	39,79		40,00		
	13:40	39,84		40,00		
	13:50	39,80		40,00		
	14:00	39,83		40,00		
	14:10	39,83		40,00		
17/08/15	14:20	39,77		40,00		
	14:30	39,70		40,00		
	15:00	39,70		40,00	Água limpa	
	15:30	39,73		40,00		
	16:00	39,75		40,00		
	16:30	39,73		40,00		
	17:00	39,73		40,00		
	17:30	39,73		40,00		
	18:30	39,77		40,00		
	19:30	39,75		40,00		
	20:30	39,82		40,00		
	21:30	39,76		40,00		
	22:30	39,77		40,00		
	23:30	39,80		40,00	Água limpa	
17/08/2015	00:30	39,80		37,89		
	01:30	39,81		37,89		
	02:30	39,65		37,89		
	03:30	39,88		37,89		
	04:30	39,83		37,89		
	05:30	39,81		37,89		
	06:30	39,65		37,89		
	07:30	39,80		37,89	Pequena regulagem no registro	
	08:30	39,79		37,89		
	09:30	39,79		37,89		

	10:30	39,79		37,89	Coletada água para análise pelo Lab Hidrolabor	
	11:30	39,79		37,89		
18/08/2015	12:30	39,79		37,89		
8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO						
Município:	São Paulo / SP			Local: Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280		
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP					
Tipo de teste:	Recuperação de nível					
Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1290) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS						
Equipamento de bombeamento	Diâmetro (pol):	Estágio (n.º):	(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potência (CV):	
	6	13	BHS 516-05	42	7,50	
LOCAL DE MEDIÇÃO	Poço Bombeado:	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	PP4	-	47,50	Tambor de 200 litros	7,22	+0,50
Data	Hora Minuto	N.D. água (m)	s (m)	Vazão (m³/h)	Observações	
18/08/15	12:30	39,79	32,57			
	12:31	26,36	19,14			
	12:32	20,51	13,29			
	12:33	18,09	10,87			
	12:34	16,95	9,73			
	12:35	16,22	9,00			
	12:36	15,76	8,54			
	12:37	15,27	9,05			
	12:38	14,90	7,68			
	12:39	14,61	7,39			
	12:40	14,50	7,28			
	12:42	14,14	6,92			
	12:44	13,80	6,58			
	12:46	13,60	6,38			
	12:48	13,30	6,08			
	12:50	13,19	5,97			
	12:55	12,84	5,62			
	13:00	12,56	5,34			
	13:05	12,26	5,04			
	13:10	12,09	4,87			
	13:15	11,86	4,64			
	13:20	11,73	4,51			
	13:30	11,50	4,28			
	13:40	11,15	3,93			
	13:50	11,00	3,78			
	14:00	10,85	3,63			
	14:10	10,62	3,40			
18/08/15	14:20	10,46	3,24			
	14:30	10,33	3,11			
	15:00	10,07	2,85			
	15:30	9,90	2,68			
	16:00	9,72	2,50			
18/08/15	16:30	9,67	2,45			

PP5: Informações construtivas, litológicas, estratigráficas e teste de bombeamento

1) IDENTIFICAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

UGRH: 6	Folha topográfica: 3313 1:10.000	Folha topográfica: 343 1:50.000	N.º poço DAEE: -
Município:	São Paulo / SP		
Bairro / Distrito:	Butantã		CGC / CPF: 63.025.530/0002-95
Endereço:	Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280		
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP		N.º poço local: PP5
Projetista:	Desconhecido	Data de construção: Desconhecido	
Coordenadas:	N/S: 7.393,42	E/O: 322,35	Cota (m): 747,00
Tipo de poço:	1	1. Tubular	2. Escavado / Cisterna / 3. Ponteira
Finalidade da perfuração:	1	1. Exploração de água	2. Explor. de petróleo
Uso da água:	1	1. Abastecimento público	2. Industrial / Sanitário
Situação do poço:	1	1. Equipado	2. Abandonado
Aquífero explorado:	Embasamento Cristalino		

2) CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO

Profundidade do poço: 152,00		Drenos		Galerias	
		Comprimento: -	Largura: -	Comprimento: -	Largura: -
DIÂMETRO DE PERFURAÇÃO					
De (m)	A (m)	Diâm. (mm)	Diâm. (pol.)	Método	Fluido
0,00	27,00	311,15	12 1/4	?	?
27,00	152,00	152,40	6	?	?

TUBO DE BOCA

Profundidade (m):	??	Diâmetro (mm):		Espessura (mm):	??,??
-------------------	----	----------------	--	-----------------	-------

2.1) REVESTIMENTO (TUBO LISO)

De (m)	A (m)	Diâm. (mm)	Diâm. (pol.)	Material	Código do material
0,00	??	152,40	6	1	1 - Aço preto
??	??	152,40	6	1	2 - Aço inox
??	47,50	152,40	6	1	3 - PVC
					4 - Galvanizado
					5 - Outros

2.2) REVESTIMENTO (FILTRO)

De (m)	A (m)	Diâm. (mm)	Diâm. (pol.)	Material	Código do material
0,55	27,00	152,40	6	1	1 - Espiralado galvan.
					2 - Espiralado inox
					3 - PVC
					4 - Estampado preto
					5 - Estampado galv.
					6 - Tubo ranhurado
					7 - Outros

2.3) PRÉ-FILTRO

Tipo:	Granulometria (mm)		Volume (m³)
1 - Jacaré	2 - Pérola	3 - Pirambóia	??

2.4) CIMENTAÇÃO

Profundidade (m):	Traço:	1- Calda 2- Argamassa	Volume (m³)
27,00	?		???

3) PERFIL GEOLÓGICO

De (m)	A (m)	
0,000	8,00	Argila castanho avermelhada com pouca areia fina
8,00	15,80	Areia mal selecionada fina a grossa
15,80	26,50	Rocha gnáissica de composição granítica, semi- alterada
26,50	66,00	Rocha gnáissica cinza de composição granítica, muito foliada, com intercalações submétricas de rocha rica em feldspato róseo
66,00	152,00	Rocha gnáissica de composição granítica com bandamentos definidos nas bandas ricas em feldspato róseo

4) PERFIL ESTRATIGRÁFICO

De (m)	A (m)	Grupo ou Formação
0,00	26,50	Solo de alteração
26,50	152,00	Embasamento Cristalino

5) ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA E BACTERIOLÓGICA

Data	12/08/2015	Laboratório	Hidrolabor Lab. de Controle de Qualidade Ltda
------	------------	-------------	---

6) TESTE DE BOMBEAMENTO

Tipo de teste realizado	DURAÇÃO (Horas)
Rebaixamento	24
Recuperação	4
Produção	

6.1) RESUMO DO TESTE

VAZÃO (m³/h)	NÍVEL ESTÁTICO (m)	NÍVEL DINÂMICO (m)	REBAIXAMENTO (m)
4,44	1,38	80,55	79,17

EQUIPAMENTO DE BOMBEAMENTO UTILIZADO:

Profundidade de instalação (m)	Ponto de referência de medição de nível (m)	Potência (HP)
84	0,55	4,5

6.2) INTERPRETAÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO

VAZÃO ESPECÍFICA:	0,0561
REBAIXAMENTO ESPECÍFICO:	17,8311
PERDA DE CARGA DO AQUÍFERO (B):	-
PERDA DE CARGA DO POÇO (C):	-
EFICIÊNCIA HIDRÁULICA:	-
COEFICIENTE DE TRANSMISSIVIDADE:	-
COEFICIENTE DE ARMAZENAMENTO:	-

7) CONDIÇÃO DE EXPLORAÇÃO E FUNCIONAMENTO

VAZÃO DE EXPLORAÇÃO	NÍVEL DINÂMICO	HORAS/DIA	DIAS/MÊS	MÊS/ANO
4,4	67,36	20	30	12

EQUIPAMENTO INSTALADO: 1	1 - BOMBA SUBMERSA	2 - EIXO (PROLONGADO)	3 - AIR LIFT	4 - OUTROS
MODELO	PROFUNDIDADE DE INSTALAÇÃO	POTÊNCIA	DIÂMETRO DA BOMBA	
EBARA, BHS 411-08, 4,5HP, 220 V TRIFÁSICA	84,00	4,5	6 pol.	

8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO

Município:	São Paulo / SP	Local: Av. Professor Almeida Prado, n.º 1.280
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP	
Tipo de teste:	Rebaixamento vazão máxima	

Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1290) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

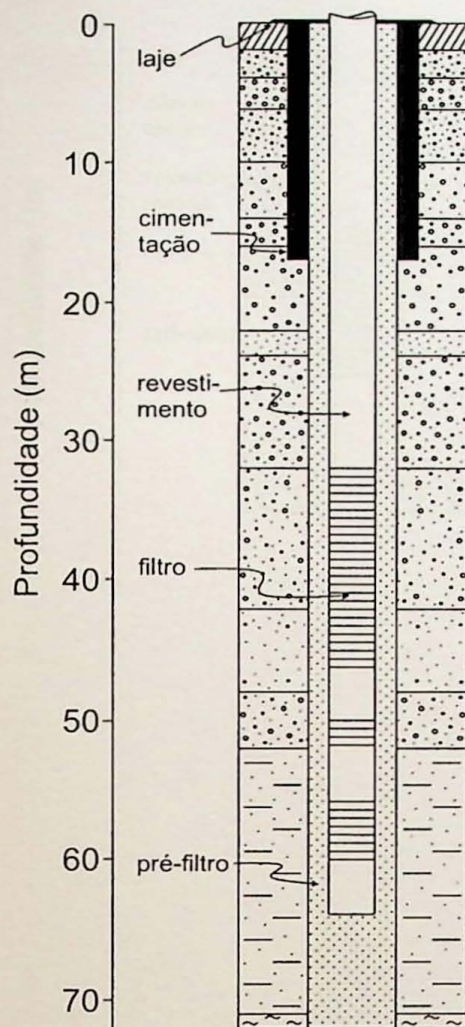
Equipamento de bombeamento	Diâmetro (pol):	Estágio (n.º):	(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potência (CV):	
	6	8	BHS 411-08	84,00	4,5	
LOCAL DE MEDIÇÃO	Poço Bombeado:	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	PP5	-	152	Tambor de 100 litros	1,38	+0,55

Data	Hora Minuto	N.D' água (m)	s (m)	Vazão (m³/h)	Observações
11/08/15	13:30	1,38			
	13:31	11,20			
	13:32	16,30			
	13:33	19,80			Água turva
	13:34	24,55			Fechando registro
	13:35	27,55			
	13:36	31,06			
	13:37	32,77			
	13:38	35,10			
	13:39	39,15			
	13:40	41,22			
	13:42	47,27			Água limpa
	13:44	54,08			
	13:46	57,19			Fechando registro
	13:48	61,75			
	13:50	66,55			
	13:55	74,74			
	14:00	80,50			Regulando registro
	14:05	80,50			
	14:10	80,50			
	14:15	80,50			
	14:20	80,50			
	14:30	80,50			
	14:40	80,45			
	14:50	80,48			
	15:00	80,48			Água limpa
	15:10	80,49			
11/08/15	15:20	80,49			Regulando registro
	15:30	80,49			
	16:00	80,49			
	16:30	80,49			
	17:00	80,50			
	17:30	80,52			
	18:00	80,52			
	18:30	80,52			
	19:30	80,52			
	20:30	80,52			
	21:30	80,53			
	22:30	80,53			
11/08/2015	23:30	80,53			

12/08/2015	00:30	80,53				
	01:30	80,53				
	02:30	80,53				
	03:30	80,53				
	04:30	80,53				
	05:30	80,53				
	06:30	80,53				
	07:30	80,53				
	08:30	80,53				
	09:30	80,53				
	10:30	80,53				
	11:30	80,53				
	12:30	80,53				
12/08/2015	13:30	80,53				
8) PLANILHA DE TESTE DE BOMBEAMENTO						
Município:	São Paulo / SP			Local: Av. Professor Almeida Prado, n.º 1 280		
Proprietário:	UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP					
Tipo de teste:	Recuperação de nível					
Obs.: A EXECUÇÃO DOS TESTES DE BOMBEAMENTO DEVERÃO OBEDECER AS NORMAS TÉCNICAS DA ABNT (NB-1290) ITEM 6 DAS CONDIÇÕES ESPECIFICAS						
Equipamento de bombeamento	Diâmetro (pol):	Estágio (n.º):	(Tipo):	Profundidade de instalação (m):	Potencia (CV):	
	6	8	BHS 411-08	84,00	4,5	
LOCAL DE MEDIÇÃO	Poço Bombeado:	Poço Observado:	Profundidade do poço:	Sistema de medição de vazão:	Nível estático (m):	Referência de medidas:
	PP5	-	152,00m	Tambor de 100 litros	1,38	+0,55
Data	Hora Minuto	N.D' água (m)	s (m)	Vazão (m³/h)	Observações	
12/08/15	13:30	80,55	79,17			
	13:31	78,20	76,82			
	13:32	74,95	73,57			
	13:33	70,95	69,57			
	13:34	67,50	66,12			
	13:35	63,50	66,12			
	13:36	60,40	59,02			
	13:37	56,10	54,72			
	13:38	53,97	52,59			
	13:39	49,85	48,47			
	13:40	47,35	45,97			
	13:42	39,21	37,83			
	13:44	33,24	32,86			
	13:46	30,01	28,63			
	13:48	25,98	24,60			
	13:50	18,76	17,38			
	13:55	16,00	14,62			
	14:00	14,14	12,76			
	14:05	12,70	11,32			
	14:10	12,10	10,72			
	14:15	11,85	10,47			
	14:20	11,50	10,12			
	14:30	10,50	9,12			
	14:40	10,12	8,74			
	14:50	9,61	8,23			
	15:00	9,08	7,70			
	15:10	8,70	7,32			
18/08/15	15:20	8,35	6,97			
	15:30	8,00	8,0			
	16:00	7,40	7,40			
	16:30	7,10	7,10			
	17:00	6,95	6,95			
18/08/15	17:30	6,70	6,70			

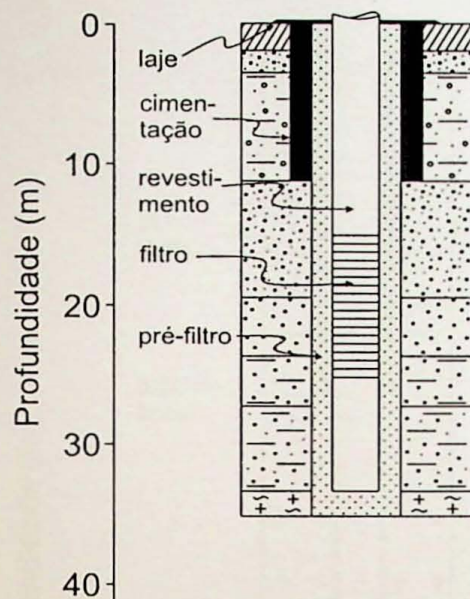
Anexo VI

Perfis litológicos e construtivos dos poços PP1, PP4, PP5 e PP6 (Modificados de Iritani, 1993) e dos poços PP7 e PP8 (Modificados de Jundsondas Consultoria).



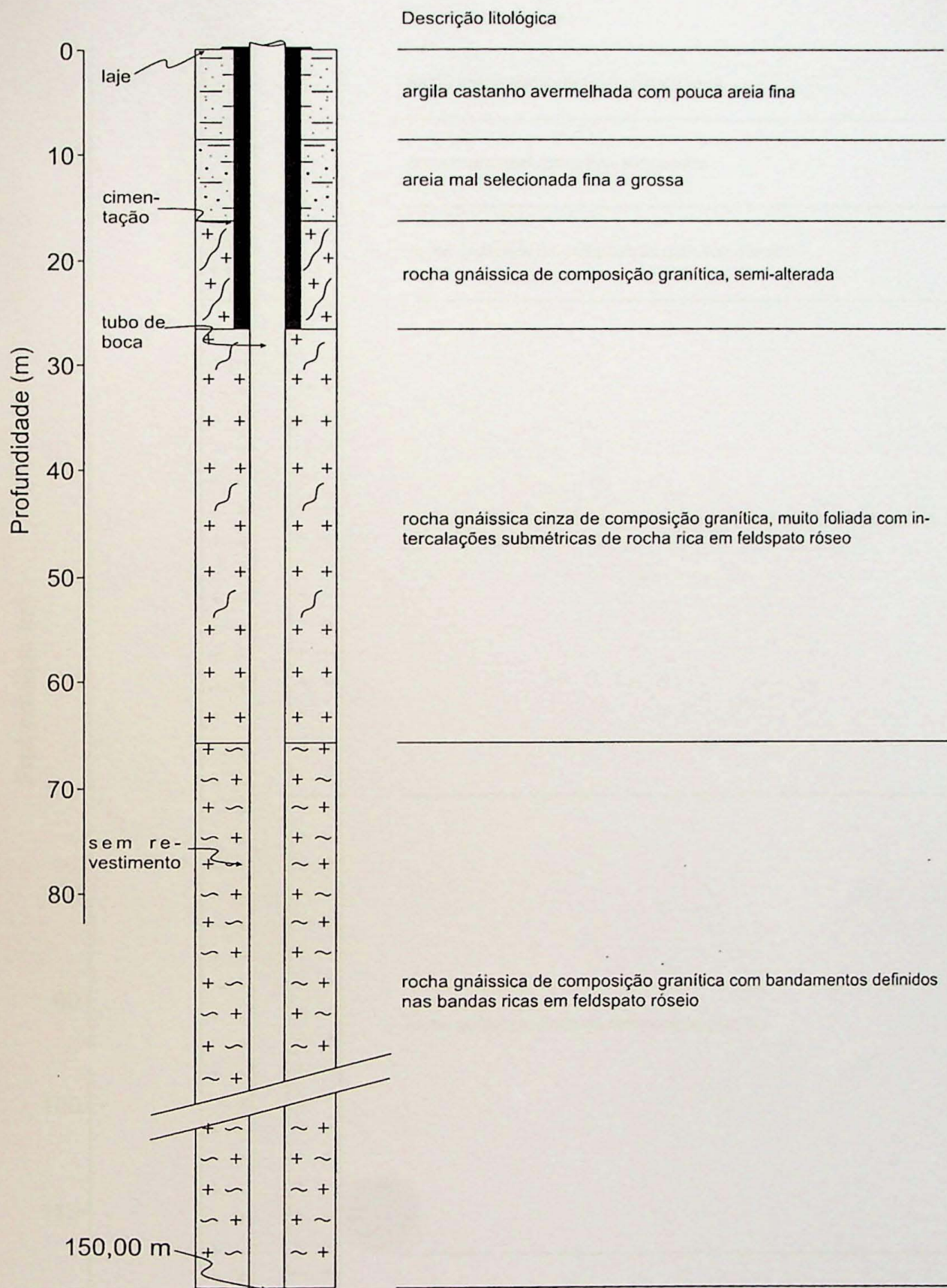
Descrição litológica

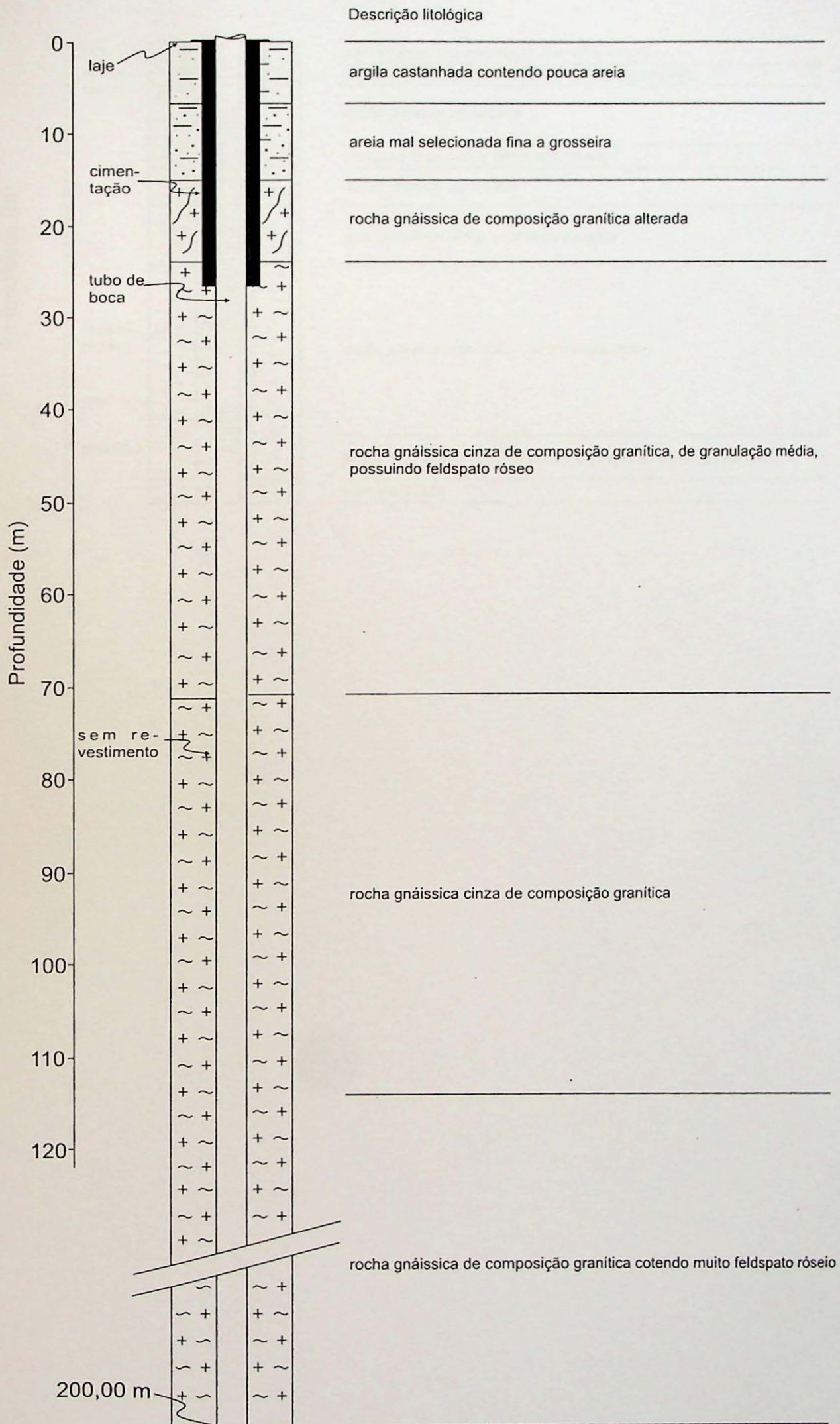
aterro
areia muito grosseira, mal selecionada
areia conglomerática, mal selecionada
areia média a grossa, mal selecionada, quartzo-feldspática
areia conglomerática, com matriz média a grossa, mal selecionada, quartzo-feldspática
areia conglomerática com matriz grossa
areia conglomerática, muito grosseira, mal selecionada, quartzo-feldspática, com grãos oxidados
areia média, quartzo-feldspática, mal selecionada
conglomerado com matriz média bem selecionada, quartzosa. Parte grosseira angulosa a subangulosa, medianamente selecionada. Presença de matéria orgânica
areia média bem selecionada, arredondada, quartzosa com pequena porção grosseira conglomerática
areia média, bem selecionada, com intercalações de areia grosseira
areia fina a média, conglomerática, com predominância de finos nos dois primeiros metros
argila cinza-azulada com porção silto-arenosa fina
embasamento cristalino

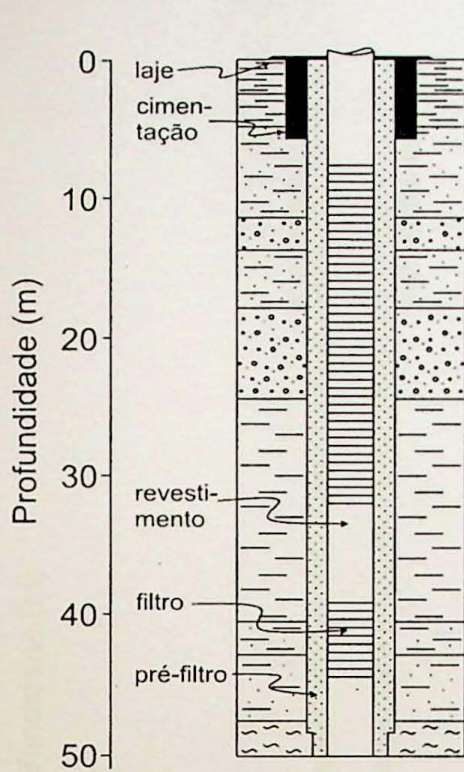


Descrição litológica

material argiloso
arenito fino, mal selecionado, quartzo-feldspático
nível de cascalho, subangulosos a subarredondados, quartzosos, com muita argila verde. Presença de matéria orgânica no dois últimos metros
arenito médio-grosso, constituído basicamente por quartzo. Apresenta também feldspato
arenito grosso, quartzoso, com pequena porção de feldspatos
arenito muito grosso, quartzoso, com argila esverdeada
arenito muito grosso, quartzoso, com presença de arenito fino e argila esverdeada
nível de quartzo leitoso com pirita e muscovita

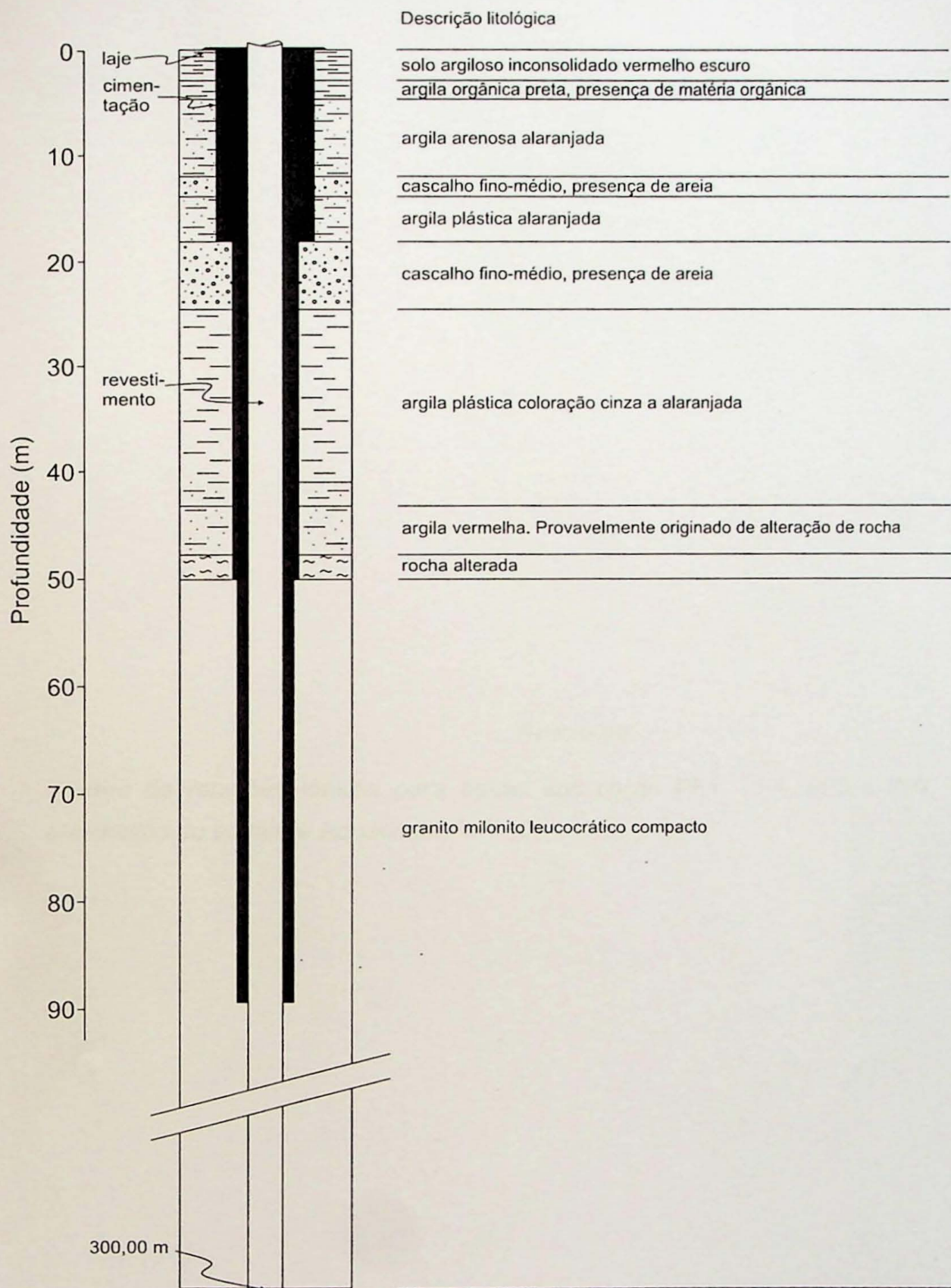






Descrição litológica

solo argiloso inconsolidado vermelho escuro
argila orgânica preta, presença de matéria orgânica
argila arenosa alaranjada
cascalho fino-médio, presença de areia
argila plástica alaranjada
cascalho fino-médio, presença de areia
argila plástica coloração cinza a alaranjada
argila vermelha. Provavelmente originado de alteração de rocha
rocha alterada



Anexo VII

Quadro de relações iônicas para águas dos poços PP1, PP4, PP5 e PP7. Extraído e modificado do software Aquachem

Parameter	Attention Value	Conclusion	PP			
			PP1	PP4	PP5	PP7
SiO2 (mmol/l)	> 0.5	Volcanic Glass or hydro thermal water possible	0,463	0,257	0,092	n/a
HCO3-/SiO2	>10	Carbonate weathering	2,440	1,780	1,530	n/a
	>5 and <10	Ambiguous				
	<5	Silicate weathering				
SiO2/(Na+K-Cl)	<1	Cation exchange	0,361	1,784	1,530	n/a
	>1 and <2	Albite weathering				
	>2	Ferromagnesian Minerals				
(Na+K-Cl)/(Na+K-Cl+Ca)	> 0.2 and < 0.8	Plagioclase weathering possible		0,87	0,45	0,676
	< 0.2 or > 0.8	Plagioclase weathering unlikely				
	>0.5	Sodium source other than halite - albite, ion exchange	0,548	0,571	0,782	0,542
(Na/(Na+Cl))	=0.5	Halite solution				
	<0.5, TDS >500	Reverse Softening, seawater				
	<0.5, TDS <500 and >50	Analysis Error				
	<0.5, TDS <50	Rainwater				
	=0.5 and HCO3-/Si>10	Dolomite Weathering	0,341, 0,01	0,544, 1,21	0,258, 12,42	0,48
Mg/(Ca+Mg)	<0.5	Limestone-dolomite weathering				
	>0.5	Dolomite dissolution, calcite precipitation or seawater				
	<0.5 and HCO3-/Si<5	Ferromagnesian Minerals				
Ca/(Ca+SO4)	>0.5	Granitic weathering				
	=0.5	Gypsum dissolution	0,834, 634,00	0,461, 621,00	0,735, 615,00	0,955, 6,72
	<0.5, and pH <5.5	Pyrite oxidation				
	<0.5, and pH neutral	Calcium removal - ion exchange or calcite precipitation				
	>0.5	Calcium source other than gypsum - carbonate or silicates				
TDS	>500	Carbonate weathering or brine or seawater				
	<500	Silicate weathering				
Cl-/Sum Anions	>0.8 and TDS>500	Seawater or brine or evaporites	0,18	0,23	0,09	0,37
	>0.8 and TDS<100	Rainwater				
	<0.8	Rock weathering				
HCO3-/Sum Anions	>0.8	Silicate or carbonate weathering	0,8	0,68	0,805	0,528
	<0.8 sulfate high	Gypsum dissolution				
	<0.8 sulfate low	Seawater or brine				
SI Calcite	>0	Oversaturated with respect to calcite	0	0	0	-1,93
	=0	Saturated with respect to calcite				
	<0	Undersaturated with respect to calcite				

Tabela extraída e modificada do software Aquachem v5.1

Nota: n/a= Não aplicável

DOAÇÃO Graduação
IGC

Data: 2003/18

