



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

**Situação atual dos poços domésticos em área sem
saneamento, localizados no bairro Piracambaia II, no distrito de
Barão Geraldo, Campinas-SP**

Guilherme Alberto Tosadori

Orientador: Profa. Dra. Sueli Yoshinaga Pereira

Co-orientador: Luis de Eduardo Oliveira Muraro

Campinas-SP

Dezembro de 2016



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA

**Situação atual dos poços domésticos em área sem
saneamento, localizados no bairro Piracambaia II, no distrito de
Barão Geraldo, Campinas-SP**

Guilherme Alberto Tosadori

Trabalho de conclusão de curso
apresentado em 13 de Dezembro de 2016
para obtenção do título de Bacharel em
Geologia pelo Instituto de Geociências da
UNICAMP.

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Sueli Yoshinaga Pereira. (Orientador)

Profa. Dra. Jacinta Enzweiler

Prof. Dr. Alexandre Campana Vidal

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, falecido durante meu período de graduação, por sempre ter me dado oportunidade de continuar na universidade. À minha mãe e irmã, que sempre me apoiaram em tudo.

À minha orientadora, Sueli, pela enorme paciência e disponibilidade para dúvidas e correções.

Ao Luis “Mamute” e Waldilene “Wal”, por toda ajuda oferecida e por tirar muitas dúvidas.

Ao Seu Luís, morador do Piracambaia II, por toda ajuda nos trabalhos de campo, sem ele não teria sido possível os cadastros e nenhuma coleta.

Aos meus amigos, em especial Vitor “Foo”, João, Gabriel “Palmito”, Lucas Amici, Gustavo “Guaçu” e Vinícius “Xerxes”, por terem feito esses anos de graduação muito mais engraçados, e suportáveis nos momentos difíceis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Formulário usado para cadastro dos poços domésticos no dia 20 de outubro de 2016.

Figura 2: Mapa de localização do Piracambaia II, distrito de Barão Geraldo, Campinas-SP.

Figura 3: Mapa Geológico Simplificado da cidade de Campinas-SP (SENNA, J., KAZZUO, C., 2010)

Figura 4: Esquema do sistema fossa-poço (Retirado do livro “AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO”, 2012)

Figura 5: Poço doméstico construído com zimbra de concreto, alvenaria na altura de 50 cm e laje de proteção.

Figura 6: Poço doméstico construído com zimbra de concreto e alvenaria na altura de 50 cm.

Figura 7: Poço doméstico escavado.

Figura 8: Diagrama de Eh x pH para Ferro, o círculo vermelho representa as médias de Eh e pH.

Figura 9: Diagrama de Eh x pH para Manganês, o círculo vermelho representa as médias de Eh e pH.

Figura 10: Diagrama de Piper, obtido pelo software Qualigraf.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Síntese das informações cadastradas sobre as situações dos poços domésticos da área de estudo.

Tabela 2: Materiais de construção, diâmetros e utilização da água.

Tabela 3: Dados obtidos através da sonda multiparâmetro e alcalinidade da água.

Tabela 4: Balanço iônico das amostras analisadas.

Tabela 5: Dados obtidos através da Cromatografia de Íons, a unidade está em mg/L.

Tabela 6: Valores dos íons sulfato, nitrato e amônio, expressos em mg/L.

Tabela 7: Concentrações de Fe, Mn, Sr, Zn, Rb, expressos em mg/L, dos poços analisados.

Tabela 8: Classificação das águas subterrâneas, obtida pelo software Qualigraf.

Resumo

Esse trabalho consiste na investigação de 10 poços domésticos localizados no bairro Piracambaia II, que se encontra na planície do Rio Atibaia, à noroeste do bairro de Barão Geraldo, em Campinas-SP. Foram realizados os cadastros dos poços e também análises químicas, com o objetivo de avaliar a situação das obras de captação e a qualidade das águas subterrâneas da área de estudo.

Pelo fato de não haver saneamento nas chácaras, a opção mais viável é a captação das águas subterrâneas, proveniente da planície aluvionar, através de poços e a utilização das fossas sépticas. O DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) recomenda uma distância mínima de 30 metros entre a fossa e o poço, o que não foi observado na área, e os materiais de construção geralmente utilizados são anéis de concreto, alvenaria e proteção sanitária contra contaminações; os quais não são sempre utilizados pelos moradores.

Foi elaborado um formulário para cadastro dos poços e houve coleta das amostras para análises de alcalinidade, ICP-MS e Cromatografia de Íons. Quase todos os parâmetros se encontram abaixo dos valores máximos permitidos, estabelecido pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, as únicas exceções são o Ferro e o Manganês.

Por último, houve a elaboração de um Diagrama de Piper para classificação das águas, e notou-se em alguns poços a contaminação por ação antrópica.

Palavras-chave: contaminação, águas subterrâneas, planície aluvial, campinas

Abstract

This study consists in the investigation of 10 wells located in the neighbourhood of Piracambaia II, which in turn is located in the alluvial plain adjacent to the Atibaia River, northeast of the sub-district of Barão Geraldo, Campinas-SP.

The wells were registered and geochemically analysed afterwards, meaning to evaluate the status of the water catchment system as well as the quality of the underground water in the area of interest. This area does not count with any basic sanitation, which makes extracting subterranean water the most viable option for local residents. The water is then used for disposal of domestic sewage in septic tanks. The Department of Water and Electric Power (DAEE) recommends a minimum distance of 30 metres between the extracting well and the septic tank, nevertheless this is not seen in the area. These septic tanks are usually made of concrete rings and materiel for contamination containment, however not all residents take these precautions.

Thus, in order to organise the data collected, a form for the registered wells was elaborated containing information of the collected samples such as alkalinity and results of ICP-MS and Ion Chromatography analysis. Almost all the parameters analysed were below the maximum value permitted by the ordinance 2914/2011 decreed by the Brazilian Ministry of Health, with the exception of iron and manganese. At last, the samples of water were classified according to the Piper Diagram, revealing some anthropic contamination in some wells.

Keywords: contamination, groundwater, floodplain, campinas

Sumário

1. Introdução.....	3
2. Objetivos	3
3. Materiais e Métodos.....	3
4. Localização da área de estudo e vias de acesso	6
5. Revisão Bibliográfica	7
5.1 Geologia Regional.....	7
5.2 Hidrogeologia Regional	9
5.3 Geologia e Hidrogeologia local	9
5.4 Poços domésticos	10
6. Resultados e Discussão.....	11
6.1 Situação das obras de captação das águas subterrâneas para abastecimento da população e a distância das fossas	11
6.2 Hidroquímica e Qualidade das Águas subterrâneas.....	16
6.2.1 Parâmetros físico-químicos.....	17
6.2.2 Balanço Iônico	18
6.2.3 Classificação das águas subterrâneas	22
6.3 Qualidade da água.....	23
7. Conclusão.....	24
Referências Bibliográficas	25
ANEXO 1	27
ANEXO 2	28
ANEXO 3	29

1. Introdução

O bairro Piracambaia II está localizados na região norte/oeste do Distrito de Barão Geraldo, Campinas/SP, na planície do Rio Atibaia. Este bairro não possui saneamento básico e portanto utiliza-se de captações rasas e poços domésticos para o abastecimento, e de fossas sépticas ou negras para esgotamento. A planície é considerada área de risco hidrológico pela periodicidade das inundações em períodos chuvosos, bem como é possuidora de aquíferos livres de elevada permeabilidade e níveis de água sub-aflorantes.

O desconhecimento da situação construtiva dos poços domésticos e da qualidade da água subterrânea utilizada pelos moradores são focos do presente estudo. Justifica-se este estudo pela alta vulnerabilidade de contaminação das águas subterrâneas e da fragilidade ambiental enfrentada pelas comunidades frente a ausência de saneamento básico e exploração das águas subterrâneas.

2. Objetivos

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo avaliar as condições construtivas dos poços domésticos e da qualidade das águas subterrâneas exploradas e avaliar os riscos socioambientais causados pelas contaminações. Dessa forma, espera-se que através das análises obtidas pelas amostras coletadas em campo seja possível compreender os parâmetros geoquímicos da área, de forma que possa chegar numa conclusão satisfatória sobre a qualidade da água.

3. Materiais e Métodos

Foram realizados dois trabalhos de campos, um no dia 20 de outubro de 2016 e outro no dia 27 de outubro de 2016. No primeiro trabalho de campo foi feito o reconhecimento da área, tiradas as coordenadas com um GPS e também um cadastro dos poços dos moradores, segundo uma ficha previamente elaborada (Figura 1), a qual contém perguntas sobre a situação das pessoas que utilizam os poços, quantidade de água utilizada por dia, reservatório, sistema de filtragem, materiais usados na construção e foram medidas as profundidades dos poços, nível de água, diâmetros e as distâncias das fossas aos poços.

Nome: _____	Idade: _____
Tempo que mora no bairro: _____	Quantidade de pessoas na família: _____
Possui água encanada? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	Possui poço? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/> Profundidade: _____
Histórico de doenças na família referentes à contaminação de água? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
Já foi informado, de alguma forma, sobre a contaminação de água? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>	
Material de construção do poço: Zimbra de concreto <input type="checkbox"/> Alvenaria <input type="checkbox"/> Outro: _____	
Sistema de Bombeamento: Bomba "sapo" <input type="checkbox"/> Bomba Submersa <input type="checkbox"/>	
Quantidade de litros do reservatório: _____	
Quantos litros se usa de água diariamente: _____	
Distância fossa-poço: _____	
Diâmetro do poço: _____	
Sistema de filtragem: _____	

Figura 1: Formulário usado para cadastro dos poços domésticos no dia 20 de outubro de 2016.

No segundo trabalho de campo, foram feitas as coletas de amostras dos poços previamente cadastrados no campo anterior. Para isso foram utilizados:

- Sonda Multiparamétrica profissional plusYsi.
- Seringas descartáveis 60 ml da Injex.
- Filtros 20 µm para utilizar nas seringas.
- 30 frascos de coletas de amostras, sendo 10 para ânions (tubo de centrífuga de polipropileno), 10 para cátions (tubo de centrífuga de polipropileno) e 10 para análise de bicarbonato (polietileno).
- Bailer.
- Água deionizada.
- Micropipeta de 100 µl
- Indicador Misto
- HCl 0,01.
- Medidor de nível de água.

O tempo permaneceu dublado durante todo o trabalho de campo, que foi de aproximadamente às 10:30hs até 15:30hs nublado. Primeiramente eram feitas as medidas de nível de água com o medidor de nível e posteriormente era utilizado o Bailer para coletar as águas diretamente dos poços domésticos, sempre o lavando com água deionizada, após cada uso. Com essa água coletada, primeiramente fazia-se a ambientação das seringas descartáveis, sendo utilizada uma seringa por poço, posteriormente fazia-se a ambientação de três potes de coletas: 1 para ânions, 1 para cátions e 1 para bicarbonato. Com os materiais ambientados, utilizou-se os filtros de 20 µm na seringa, para a coleta dos ânions e dos cátions. Após esse processo, colocam-se duas gotas de ácido nítrico (HNO₃) nos potes de coletas dos cátions, para sua melhor preservação. Os elétrodos da sonda multiparamétrica também foram ambientados a cada utilização nos poços domésticos.

Os dez frascos de coletas dos ânions foram enviados para o Laboratório de Geoquímica Analítica do Instituto de Geociências da UNICAMP, Campinas-SP, para análise da Cromatografia de Íons. Esse método consiste na separação dos íons da solução a ser analisada por uma resina de troca iônica. Os outros cinco potes de coletas dos cátions foram enviados para o Laboratório de Geoquímica Isotópica, também do Instituto de Geociências da UNICAMP, para análise ICP-MS (Espectrometria de Massa com Fonte de Plasma). Este método detecta concentrações muito baixas de metais, da ordem de uma parte por bilhão, através da ionização dos elementos presentes na amostra e separação desses íons. A análise da alcalinidade, que neste caso é decorrente de íons de bicarbonato, foi realizada no Laboratório de Paleohidrogeologia, no Instituto de Geociências da UNICAMP. Colocou-se 100 ml da água coletada em campo em um becker e duas gotas do indicador misto, que é constituído de vermelho de metila e verde de bromocresol, e com a micropipeta, pinga-se o HCl 0,01 até atingir uma coloração azulada, então anota-se a quantidade de gotas utilizadas.

Como 1 gota equivale a aproximadamente 3 microgotas, e 20 gotas equivalem a 1 ml, faz-se a relação entre eles. Para determinar a concentração de bicarbonato, utiliza-se a equação química da conservação das massas proposta por Lavosier:



Isso mostra que a relação é de 1 mol de HCl para 1 mol de HCO₃⁻, posteriormente é só realizar a estequiometria e encontra-se o resultado da alcalinidade.

Para a análise da qualidade das águas, foi utilizado o Diagrama de Piper pelo software *Qualigrafv.1.17*, e também a tabela de classificação das águas, pelo mesmo software.

Para analisar o estado em que o ferro e manganês se encontram, foi utilizado diagramas de Eh x pH, para ferro e manganês, respectivamente.

4. Localização da área de estudo e vias de acesso

A área de estudo está localizada a noroeste do bairro de Barão Geraldo, em Campinas-SP e próximo aos limites de Campinas com Paulínia-SP e Jaguariúna-SP. Partindo da UNICAMP, segue a Avenida Érico Veríssimo até a rua Dr. Francisco de Toledo, por 180 metros, então segue a Avenida Dr. Luís de Tela por 5,6 km e então a estrada Colônia Tozan, estrada do Guará e estrada Vale das Garças por 7,3 km, após isso, segue-se na direção sul por 200 metros, e então a direita e segue por mais 100 metros, o percurso dura aproximadamente 26 minutos.

O bairro Piracambaia II possui uma área de aproximadamente 0,263 km², e é estimado um número de 150 moradores, habitam chácaras e sítios de diferentes áreas e utilizam o local para moradia ou veraneio. A área do presente estudo localiza-se na porção oeste do bairro e possui aproximadamente 108 moradores, e 27 chácaras ou sítios.



Figura 2: Mapa de localização do Piracambaia II, distrito de Barão Geraldo, Campinas-SP.

5. Revisão Bibliográfica

5.1 Geologia Regional

A área de estudo está localizada na cidade de Campinas-SP. O município apresenta (Figura 3) rochas de grau metamórfico médio a alto, pertencentes a Suíte Granítica Morungaba, do Proterozóico Superior, na porção leste. Ao sul, tem-se rochas também de grau metamórfico médio a alto, pertencentes ao Complexo Itapira, do Proterozóico Médio, com cobertura de rochas sedimentares pertencentes ao Subgrupo Itararé, do Paleozóico. A porção sudoeste é constituída principalmente pelo Subgrupo Itararé, e a parte noroeste, pela Formação Serra Geral, do Mesozóico, e mais ao norte, pela Planície Aluvionar, do Quaternário. Também há a ocorrência de granitóides do centro ao norte do município de Campinas-SP, da Suíte Granítica Jaguariúna, do Proterozóico Superior. Uma Zona Cisalhada, do fim do Proterozóico Superior e início do Paleozóico, corta o terreno, com direção SW-NE, dando origem aos milonitos, que se estendem por todo terreno.

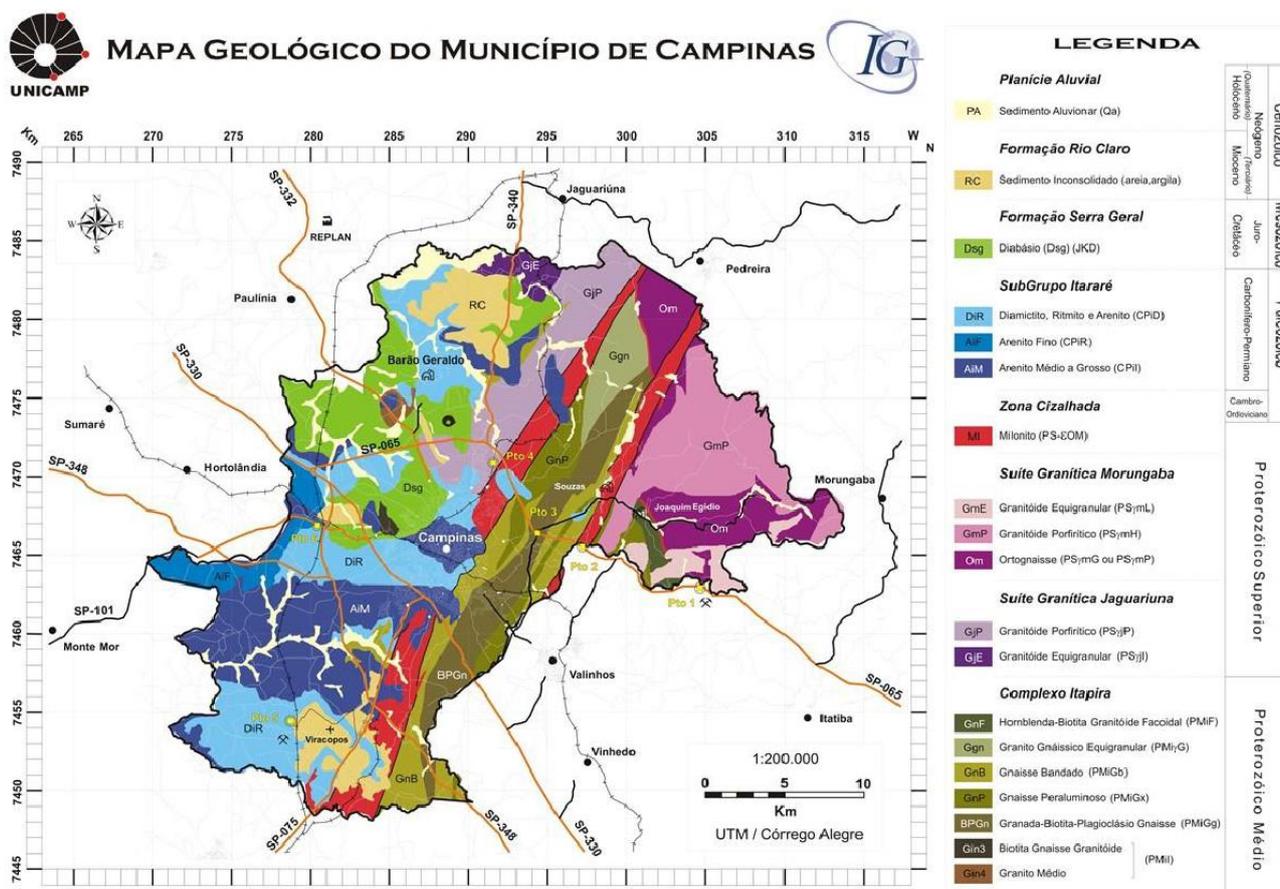


Figura 3: Mapa Geológico Simplificado da cidade de Campinas-SP (SENNA, J., KAZZUO, C., 2010)

O Complexo Itapira se estende por uma faixa de direção NNE por todo município de

Campinas, data do Proterozóico Médio e está inserido numa faixa subparalela a Zona de Cisalhamento, a leste está em contato com a Suíte Granítica Morungaba, e a oeste, na porção setentrional, encontra-se em contato com a Suíte Granítica Jaguariúna, no meridional, com o Subgrupo Itararé. Ocorre localmente como gnaiss bandado, granito gnáissico equigranular e gnaiss peraluminoso.

Localmente, percebe-se na porção do centro ao norte da cidade de Campinas-SP a presença de Granitóide Equigranular, e Granitóide Porfirítico, do Proterozóico Médio, da Suíte Granítica de Jaguariuna. Encontram-se cortados pelo sill de diabásio da e pelos sedimentos inconsolidados da Formação Rio Claro, a leste encontram-se cortados pela Zona de Cisalhamento.

Os granitóides da Suíte Granítica de Morungaba têm origem da cidade Morungaba-SP, situada a leste de Campinas, em que afloram em uma área de 330 km² e possuem direção NNE (Vlach, 1993), sua idade é datada do mesoproterozóico ao neoproterozóico. Essa Suíte Granítica possui dois grupos distintos: um composto por leucomonzogranitosequigranularesperaluminosos e outro por quartzo monzonitos, sienogranitos e monzogranitos, de textura porfirítica e equigranulares (Vlach, 1993). Localmente no município de Campinas, a Suíte Granítica Morungaba é mapeada como Granitóide Equigranular, Granitóide Porfirítico e Ortognaiss e se encontra a leste da Zona de Cisalhamento.

Essa Zona de Cisalhamento Campinas possui movimento sinistral, orientação NNE, é responsável por milonitos quartzo-Feldspáticos, protomilonitos e blastomilonitos (SEPLAMA, 1996) em uma faixa que se prolonga por todo município.

O Subgrupo Itararé é de idade permo-carbonífera, do período glacial, localizado na Bacia Sedimentar do Paraná, aflorando em suas porções sudeste e noroeste (ARAB *et al*, 2009). Encontra-se mapeado principalmente na porção oeste de Campinas-SP, através das unidades: diamictito, ritmito, e arenitos finos, e de médios a grossos. Em noroeste, encontra-se recoberto pelo diabásio da Formação Serra Geral e pelos sedimentos inconsolidados da Formação Rio Claro.

Os corpos de diabásio são da mesma idade da Formação Serra Geral, Juro-Cretácica, e estão situados na porção noroeste do município de Campinas. Encontra-se em contato com a Suíte Granítica Morungaba a leste, e com o Subgrupo Itararé a sul e nordeste.

A Formação Rio Claro é representada pelos sedimentos inconsolidados do Mioceno, na porção norte de Campinas-SP, encontra-se em contato com o SubGrupo Itararé ao sul, com os diabásios da Formação Serra Geral a leste, e a nordeste, está em contato com a Suíte Granítica Jaguariuna.

Os sedimentos aluvionares são do Quaternário, composta por sedimentos inconsolidados de areia grossa, cascalhos e apresentam, suas espessuras varia de 35 a 40 m (Instituto Geológico, 1995).

São encontrados no entorno do Rio Atibaia.

5.2 Hidrogeologia Regional

No município de Campinas-SP, distingue-se três Sistemas Aquíferos: Sistema Aquífero Cristalino, Sistema Aquífero Tubarão, e localmente, os relacionados às fraturas do diabásio, principalmente na porção central de Campinas (Yoshinaga-Pereira e Silva, 1997).

O Sistema Aquífero Cristalino é de extensão regional, possui porosidade e permeabilidade secundária (FILHO *et al*, 2007), encontra-se muito fraturado e aflora na porção leste da Região Metropolitana de Campinas, lugar em que é possível sua exploração, já que em direção oeste atinge altas profundidades. Compreende as cidades de Vinhedo, Pedreira, Valinhos, Jaguariúna, Campinas, Santo Antônio da Posse e Indaiatuba, as rochas que o compõem são do Embasamento Cristalino (Yoshinaga-Pereira e Silva, 1997).

O Sistema Aquífero Tubarão também possui extensão regional, varia de livre à semi-confinado, e é predominantemente explorado na sua parte aflorante localizada à oeste/centro-oeste da Região Metropolitana de Campinas (Yoshinaga-Pereira e Silva, 1997). Está inserido no contexto sedimentológico do Subgrupo Itararé, uma das suas características mais importantes é sua heterogeneidade na região RMC, sendo possível perceber diferentes vazões dos poços em pequenas distâncias, isso ocorre devido a ocorrência do diabásio, que acaba por dificultar a passagem da água (Iritani e Ezaki, 2012).

Por último, tem-se o aquífero local relacionado aos diabásios, que são descontínuos, fissurados e aflorantes na parte central da Região Metropolitana de Campinas, encontra-se em contato com o Embasamento Cristalino e os sedimentos da Subgrupo Itararé de forma abrupta, em que suas espessuras ultrapassa 300m, e estende-se de Campinas até Americana, entre outras localidades próximas (Yoshinaga-Pereira e Silva, 1997).

5.3 Geologia e Hidrogeologia local

O bairro Piracambaia II encontra-se situado na planície aluvial do Rio Atibaia, situado ao norte/noroeste do distrito de Barão Geraldo, Campinas-SP. Os sedimentos dessa planície aluvial estão localizados acima de sills de diabásio, ao sul há ocorrência dos arenitos, diamictitos e ritmitos do Subgrupo Itararé, e na porção leste localiza-se as rochas cristalinas da Suíte Granítica Jaguariúna. São inconsolidados, caracterizados por areias que variam de grossa a fina, silte e argila, de idade

Cenozóica, e possui espessura entre 35 a 40 metros (MURARO *et al*, 2016).

As águas subterrâneas da área de estudo são provenientes principalmente do aquífero aluvionar do Rio Atibaia. Há o favorecimento dessa área por se tratar de uma bacia sedimentar recente, a qual pode armazenar água do Rio Atibaia, do escoamento superficial que convergem em sua direção, e pela chuva. Também é favorecido pelos aquífero cristalino e o diabásio, que como possuem baixa transmissividade, fazendo com que a água seja armazenada no aquífero aluvionar(MURARO *et al*, 2016).

5.4 Poços domésticos

Segundo o ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas) os poços domésticos, também conhecidos como poços rasos, cacimbas, cisternas e amazonas, são geralmente de profundidades inferiores a 20 metros e destinadas à captação de águas provenientes de aquíferos livres. Seus diâmetros variam de 1 a 1,5 metros e são construídos geralmente com anéis de concretos ou tijolos furados e utilizam cascalhos na base para a entrada da água, e na parte superior ao nível da água é importante a utilização de alvenaria ou concreto. É importante a construção de uma parede acima do solo, feita de concreto, a impermeabilização nos primeiros metros do poço, e a utilização de tampas, para evitar contaminações (Iritani e Ezaki, 2012).

As recomendações do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) em relação a construção dos poços domésticos incluem: Revestimento da parede, de 50 cm acima do nível da água, com anéis de concreto ou alvenaria, uso de tampas de concreto para vedação do poço doméstico.

Em relação a área em que se vai construir o poço, o DAEE recomenda:

“Os poços escavados (cacimbas ou cisternas) e ponteira devem ser construídos em nível mais alto do terreno e a uma distância superior a 30,00 metros em relação a fossas sépticas, para evitar a contaminação das águas subterrâneas.”

Também se deve tomar cuidados em relação a cemitérios, lixões, aterros, tanques de combustíveis e outras possíveis fontes de contaminação. Em relação a áreas urbanas, o DAEE não recomenda a utilização dos poços domésticos devido a sua facilidade de contaminação. Através da Figura 4 é possível ver os principais perigos relacionados a posição da construção do poço doméstico.

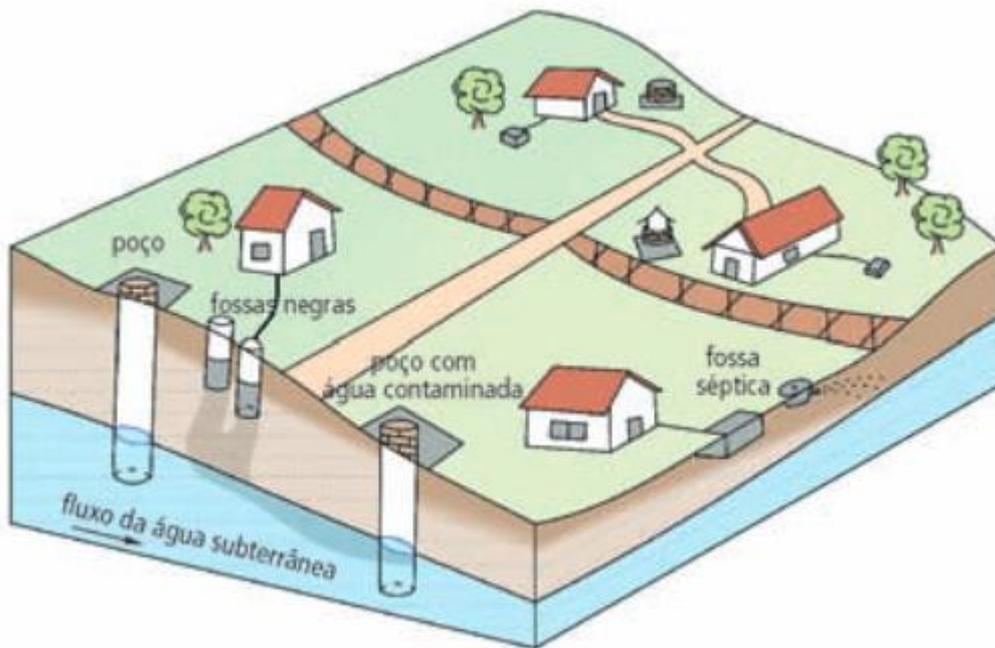


Figura 4: Esquema do sistema fossa-poço (Retirado do livro “AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO”, 2012)

6. Resultados e Discussão

6.1 Situação das obras de captação das águas subterrâneas para abastecimento da população e a distância das fossas

No dia 20 de outubro de 2016 foi realizado um trabalho de campo para cadastro dos poços da parte oeste do bairro Piracambaia II no distrito de Barão Geraldo, em Campinas SP. Essa porção do bairro possui 27 casas e aproximadamente 108 moradores e compreende uma área de aproximadamente 0,049 km², percebe-se uma maior quantidade de moradores ao norte, pois o proprietário desse sítio construiu casas para alugar. O tempo de moradia desses moradores varia de 2 meses até 20 anos, e a quantidade de pessoas por casa varia de duas até oito pessoas.

Por falta de saneamento básico, os moradores utilizam fossas e poços domésticos. Foram feitos cadastros de 10 poços, na presença dos moradores ou que possuíam facilidade de acesso. Duas das casas em que foi realizado o cadastro são de veraneio, e as outras oito são de moradia.

Com exceção de dois poços domésticos, que foram escavados diretamente no solo, todos os outros utilizam zimbra de concreto em sua construção, em uma altura que varia de 50cm até 100cm acima do solo, sendo que três deles também possuem laje de proteção e apenas um possui acabamento em alvenaria para proteção sanitária. O diâmetro usual dos poços é de 1,2 metros, com

exceção de um poço, que possui 1 metro de diâmetro. A maior distância da fossa ao poço observada foi de 28 metros, e a menor foi 12,7 metros, não foi avaliado os aspectos construtivos das fossas, mas de acordo com informação dos moradores são fossas sépticas. A maior profundidade dos poços observada foi de 4,47 metros, e a menor foi de 1,5 metros. Nesse dia nível de água medido variou de 1,61 metros até 3,43 metros, essas baixas profundidades são típicas de planícies aluvionares com água do aquífero freático subaflorante.

Todas as casas possuem sistema de bombeamento do tipo “sapo”, que é uma bomba submersa para fins domésticos. Apenas quatro casas possuem sistema de filtros, os quais são baseados em filtração através de areia, carvão e zeólita, essas casas também possuem cloradores automáticos, que desinfetam a água, e nove casas possuem reservatórios para armazenamento da água, que varia de 500 até 6500 litros. A água captada do poço é utilizada para todas atividades domésticas, menos para ingestão, sendo que desde 2015 a Defesa Civil de Campinas instalou um reservatório de 1800 litros, na parte norte da área de estudo, para disponibilizar água potável para os moradores, em que é abastecido por caminhão pipa da SANASA periodicamente. As sínteses das informações serão mostradas nas tabelas abaixo (Tabela 1 e Tabela 2) e as informações completas serão mostradas no Anexo 1.

As figuras 5, 6 e 7 mostram os diferentes tipos de poços domésticos e acessórios.



Figura 5: Poço doméstico construído com zimbra de concreto, alvenaria na altura de 50 cm e laje de proteção.



Figura 6: Poço doméstico construído com zimbra de concreto e laje de proteção.



Figura 7: Poço doméstico escavado.

Tabela 1: Síntese das informações cadastradas sobre as situações dos poços domésticos da área de estudo.

Poço	Coordenadas	Profundidades (metros)	Nível de água (metros)	Reservatórios (litros)	Uso de água diário (litros)	Distância fossa ao poço (metros)	Situação da Chácara
P1	287055.00 m E 7484350.00 m S	4,47	3,43	1000	2000	22	Moradia
P2	286854.00 m E 7484305.00 m S	4,23	1,95	6500	-	27	Veraneio
P3	286974.00 m E 7484318.00 m S	4,05	2,32	500	250	18	Moradia
P4	286852.00 m E 7484381.00 m S	4,72	2,85	500	1000	16,4	Moradia
P5	286848.00 m E 7484433.00 m S	3,77	1,85	1000	250	28	Moradia
P6	286863.00 m E 7484499.00 m S	3,35	2,49	-	500	12,6	Moradia
P7	287049.00 m E 7484313.00 m S	3,86	2,75	1000	-	17	Veraneio
P8	286858.00 m E 7484341.00 m S	2,5	1,61	500	250	13	Moradia
P9	286820.00 m E 7484394.00 m S	4,14	2,52	500	-	20	Moradia
P10	286837.00 m E 7484526.00 m S	3,89	2,65	500	1000	21	Moradia

Tabela 2: Materiais de construção, diâmetros e utilização da água.

Poço	Diâmetro (metros)	Material de construção	Filtro
P1	1,2	Zimbra de concreto, alvenaria e laje de proteção	Sim, areia, zeólita e carvão
P2	1,2	Zimbra de concreto	Sim, areia, zeólita e carvão
P3	1,2	Zimbra de concreto	Não
P4	1,2	Zimbra de concreto	Sim, areia e carvão
P5	1,2	Zimbra de concreto	Não
P6	1,0	Escavado	Não
P7	1,2	Zimbra de concreto e laje de proteção	Sim, areia, zeólita e carvão
P8	1,2	Zimbra de concreto	Não
P9	1,2	Zimbra de concreto e laje de proteção	Não
P10	1,2	Escavado	Não

6.2 Hidroquímica e Qualidade das Águas subterrâneas

Os resultados físico-químicos das amostras coletadas em campo, no dia 27 de outubro de 2016 são apresentados na Tabela 3, o balanço iônico é expresso na Tabela 4 e os resultados das análises realizadas em laboratório pela Cromatografia de Íons (cátions) na Tabela 5, os valores de sulfato, nitrato e amônio (ânions) na Tabela 6 e ICP-MS Tabela 7.

Tabela 3: Dados obtidos através da sonda multiparâmetro e alcalinidade da água.

Parâmetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Temperatura (°C)	21,9	22,8	21,1	22,0	21,8	21,5	21,7	21,5	22,4	21,5
Pressão (mmHg)	710,6	709,4	709,9	708,9	708,7	708,0	710,3	708,4	708,1	707,8
Oxigênio dissolvido (%)	1,9	2,5	2,7	8,5	2,7	14,5	25,8	1,3	6,7	3,0
Oxigênio dissolvido (mg/L)	0,16	0,21	0,23	0,73	0,24	1,27	2,4	0,11	0,67	0,27
SPC (µs/cm)	118,7	198,8	141,5	104,1	52,2	40,4	138,1	105,2	79,7	68,1
Condutividade elétrica (µs/cm)	111,6	190,0	130,9	98,1	49,0	37,7	129,5	98,2	75,7	62,2
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	72,54	123,5	85,085	63,764	31,85	24,505	84,175	63,83	49,205	40,43
pH	6,11	6,5	5,99	5,84	5,5	5,22	5,81	6,05	5,58	5,79
pH mV	48,2	26,8	54,6	62,9	81,7	97,6	64,8	51,4	84,4	66,8
ORP mV	161,1	230,1	253	324,3	305,5	561,7	269,8	194,8	331,3	280,4
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	51,51	73,33	51,70	45,25	24,959	17,14	18,26	24,48	16,51	37,74

6.2.1 Parâmetros físico-químicos

As temperaturas dos poços apresentam baixas variações entre eles, sendo a menor temperatura analisada a referente ao Poço 3 (21,1 °C), e a maior, referente ao Poço 2 (22,8 °C). Como os poços se encontram em profundidades rasas, espera-se que eles possuem médias de temperaturas próximas à superfície, que no dia 27 de outubro de 2016, foi de 27°/16°.

A condutividade elétrica relaciona-se com a quantidade de sais dissolvidos nas águas na forma de íons, conduzindo dessa forma corrente elétrica (CPRM, 2000). Nos poços analisados os valores variam muito, de 37,7 a 190 $\mu\text{s}/\text{cm}$, percebe-se que esses valores se relacionam com os sólidos dissolvidos totais e com o HCO_3^- .

Os Sólidos Dissolvidos Totais (STD) estão relacionados com a quantidade total de minerais dissolvidos na água, sendo voláteis ou não. Em águas subterrâneas, pode-se encontrar seu valor aproximado através da multiplicação de um fator entre 0,55 e 0,75 pela condutividade elétrica (CPRM, 2002). No presente trabalho foi utilizado o fator 0,65, e notou que os valores variam de 31,85 mg/L a 123,5 mg/L. Os valores encontrados são muito menores do Valor Máximo Permitido (VMP), pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde, que é de no máximo 1000 mg/L (Anexo 2).

O pH é a medida que relaciona a concentração do íon H^+ com o íon OH^- presente na água, Quando estão em equilíbrio, o pH é 7. Em águas subterrâneas normalmente o pH se encontra entre 5,5 e 8,5 (CPRM, 2002). Nos poços analisados sua variação é de 1,28, são levemente ácidos.

O oxigênio dissolvido na água relaciona-se diretamente com a presença com a decomposição de matéria orgânica, portanto valores baixos significam alta presença de micro-organismos, já que eles consomem o oxigênio (MOTA, 2010). Porém em águas subterrâneas, valores baixos de oxigênio dissolvidos estão relacionados com a água provinda diretamente do aquífero (SOARES *et al*, 2008), com pouca interferência humana. Os dados coletados nos poços nos mostram valores muito baixos, que variam de 0,11 mg/L a 2,4 mg/L.

O potencial de oxidação-redução pode ser definido como a facilidade que o ambiente tem de doar ou receber elétrons. Valores positivos de ORP indicam ambientes oxidantes, e valores negativos, indicam ambientes redutores (JARDIM, 2014). Nos poços analisados os valores variam de 161,1mV a 561,7mV.

A alcalinidade relaciona-se a capacidade de mudança do pH frente a adição de ácidos fracos e bases fortes, funcionando como uma solução tampão. Nas amostras analisadas, o HCO_3^- é o responsável pela alcalinidade, e seu valor varia de 50 mg/L a 350mg/L em águas doces (CPRM, 2000), os valores aqui presentes variam de 12,14 a 73,33.

6.2.2 Balanço Iônico

Para analisar a qualidade dos dados, foram feitos os balanços iônicos das amostras, com base na equação (1) de Logan (1965), também foi utilizado o erro máximo de 10%, admitido por Logan. Os cátions analisados foram: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , e os ânions: Cl^- , HCO_3^- , NO_3^- , SO_4^{2-} . Na Tabela 4 é possível ver o erro das amostras de cada poço.

$$\text{Erro (\%)} = ((\sum \text{cátion} - \sum \text{ânion}) / (\sum \text{cátion} + \sum \text{ânion})) * 100 \quad (1)$$

Tabela 4: Balanço iônico das amostras analisadas.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Erro (%)	4.16	1.41	1.74	4.44	7.85	2.71	7.02	8.81	8.84	7.90

Abaixo estão as Tabelas 5, Tabela 6 e Tabela 7, com os resultados obtidos pela Cromatografia de Íons, as concentrações de sulfato, nitrato, amônio e nitrito, e os resultados obtidos pelo ICP-MS, respectivamente, junto com a discussão sobre os dados.

Tabela 5: Dados obtidos através da Cromatografia de Íons, a unidade está em mg/L.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	LD
F⁻	0,12	0,24	0,07	0,06	0,12	0,09	0,05	0,07	0,11	0,08	0,001
Cl⁻	8,12	8,29	13,8	9,03	1,87	2,31	9,80	6,30	10,9	0,77	0,015
NO₂⁻-N	nd	nd	0,02	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,05	0,005
SO₄²⁻-S	0,21	1,68	2,15	2,22	0,05	0,45	3,69	3,32	0,44	0,09	0,010
Br⁻	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,005
NO₃⁻-N	nd	0,24	0,13	0,88	nd	0,68	4,09	0,51	1,43	0,46	0,003
PO₄³⁻-P	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,015
Li⁺	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,004
Na⁺	8,53	8,27	14,0	8,20	4,57	3,60	12,5	8,35	10,5	4,93	0,02
NH₄⁺-N	0,75	1,17	1,00	0,04	nd	<0,02	nd	0,08	nd	0,75	0,02
K⁺	1,52	4,52	1,50	1,75	1,42	0,87	2,47	2,90	1,19	1,33	0,05

Mg²⁺	2,14	2,96	2,54	2,79	1,26	1,37	2,23	0,90	1,99	3,20	0,03
Ca²⁺	8,21	16,9	10,5	8,21	4,09	1,56	6,32	7,57	3,11	2,49	0,05

nd: não detectado.

LD: Limite de Detecção.

Através da Tabela 5, é possível notar que as águas não possuem alta concentração de nenhum elemento químico. Porém, em relação aos cátions destaca-se o cálcio, com concentração de 1,56 mg/L a 16,9 mg/L e o sódio com concentração de 3,6 mg/L a 14 mg/L. O potássio possui concentração que varia de 1,19 mg/L a 4,52 mg/L, e o magnésio, de 0,9 mg/L a 3,2 mg/L. As maiores concentrações de cálcio e sódio se devem a maior facilidade da ação do intemperismo químico por esses elementos. O nitrogênio amoniacal variou de não detectado a 1,17 mg/L, e o lítio não foi detectado.

Já em relação aos ânions, destaca-se o cloreto, que possui concentrações entre 0,77 mg/L a 13,8 mg/L, e o enxofre-sulfato com concentrações entre 0,05 mg/L e 3,69 mg/L. O flúor apresenta concentrações baixas, com pouca variação, entre 0,05 mg/L a 0,24 mg/L. O nitrogênio-nitrato tem concentrações de não detectadas a 4,09 mg/L, o nitrogênio-nitrito de não detectado a 0,05 mg/L. Os elementos químicos bromo e fósforo-fosfato não foram detectados.

Para análise hidroquímica, os resultados dos íons sulfato, nitrato, amônio e nitrito, expressos respectivamente em enxofre e nitrogênio, foram transformados para SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ e NO_2^- obtidos através de estequiometria, segundo a relação:

$$SO_4^{2-} (mg/L) = S (mg/L) * 3$$

$$NO_3^- (mg/L) = N (mg/L) * 4,43$$

$$NH_4^+ (mg/L) = N (mg/L) * 1,29$$

$$NO_2^- (mg/L) = N (mg/L) * 3,29$$

Tabela 6: Valores dos íons sulfato, nitrato e amônio, expressos em mg/L.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
SO₄²⁻	0,63	5,04	6,45	6,66	0,15	1,35	11,07	9,96	1,32	0,27
NO₃⁻	nd	1,06	0,58	3,90	nd	3,01	18,12	2,26	6,33	2,04
NH₄⁺	0,97	1,51	1,29	0,05	nd	nd	nd	0,10	nd	0,97
NO₂⁻	nd	nd	0,07	nd	nd	nd	nd	nd	nd	0,16

nd: não detectado

LD: Limite de Detecção

Os dados a seguir são referentes à análise das amostras por ICP-MS. Serão apresentados apenas as concentrações de ferro e manganês, devido a três poços estarem acima do valor máximo permitido de ferro, e seis valores estarem acima do máximo permitido de manganês, que é de 0,3 e 0,1, respectivamente, definido pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde. Também serão apresentados as concentrações do estrôncio, zinco e rubídio. Os demais elementos não foram detectados ou possuem concentrações muito baixas.

Tabela 7: Concentrações de Fe, Mn, Sr, Zn, Rb, expressos em mg/L, dos poços analisados.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	LD
Fe	3,92	3,83	0,05	nd	nd	nd	nd	0,14	0,05	0,30	2E-03
Mn	0,27	0,54	0,19	0,01	0,02	0,05	0,02	0,11	0,17	0,23	3E-05
Sr	0,10	0,17	0,11	0,10	0,05	0,02	0,07	0,08	0,05	0,03	9E-06
Zn	0,00	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	1E-04
Rb	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	1E-05

nd: não detectado

LD: Limite de Detecção

O ferro e manganês destacam-se pelas suas concentrações, sendo de não detectável a 3,92 mg/L e de 0,01 mg/L a 0,54 mg/L, respectivamente. Os outros elementos que, embora em baixas concentrações, também se destacam, são o estrôncio, zinco e rubídio. O estrôncio possui concentração que varia de 0,02 mg/L a 0,17, o zinco tem suas concentrações variando de 0,00 mg/L a 0,03 mg/L, e o rubídio varia entre 0,00 mg/L a 0,01 mg/L.

Os valores de Eh e pH foram plotados no diagrama Eh x pH para ferro e manganês.

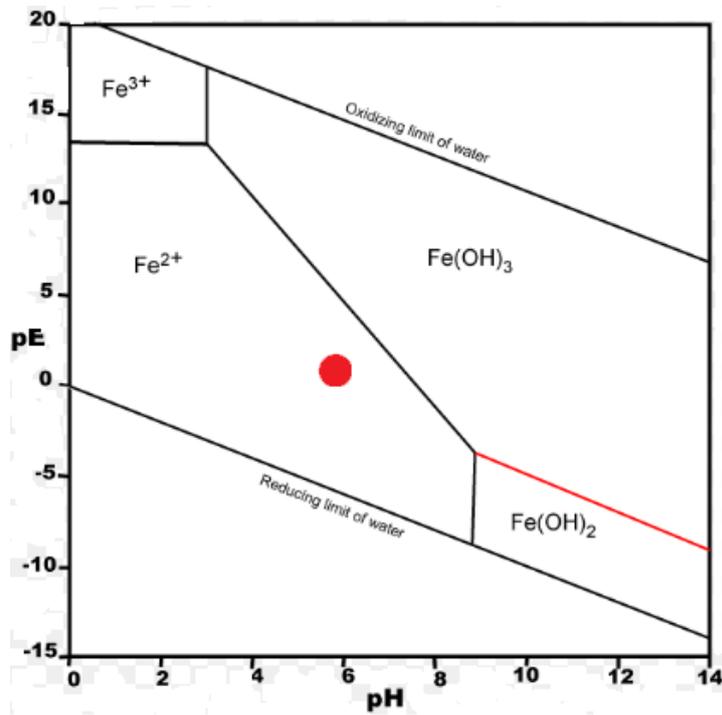


Figura 8: Diagrama de Eh x pH para Ferro, o círculo vermelho representa as médias de Eh e pH.

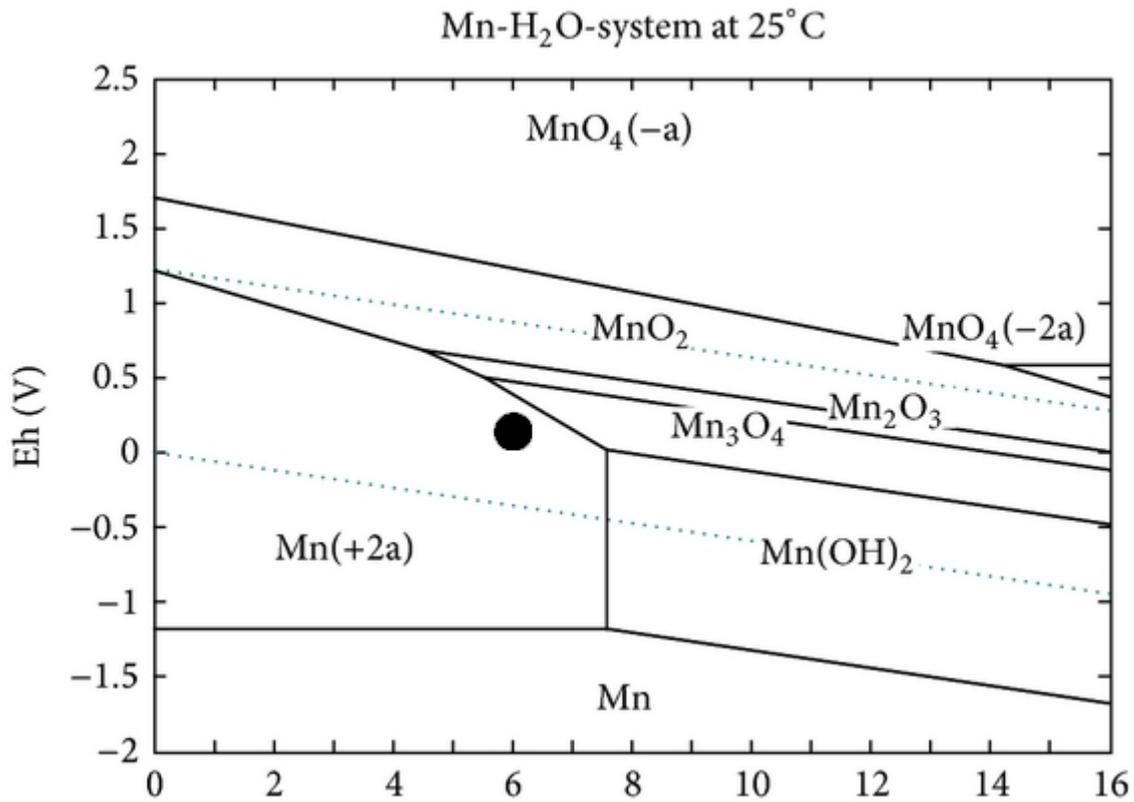


Figura 9: Diagrama de Eh x pH para Manganês, o círculo vermelho representa as médias de Eh e pH.

Através desses diagramas é possível constatar que o ferro está na forma Fe^{2+} e o manganês na forma Mn^{2+} , na forma reduzida e dissolvidos na água.

6.2.3 Classificação das águas subterrâneas

O Diagrama de Piper é uma representação gráfica triangular em que fornece informações sobre a qualidade da água com base nos seus principais íons, classificando-a em carbonatada, sódica, cloretada, magnésiana ou mista (CPRM, 2000). O Diagrama de Piper a seguir foi feito através do software Qualigraf v.1.17, assim como a tabela 8.

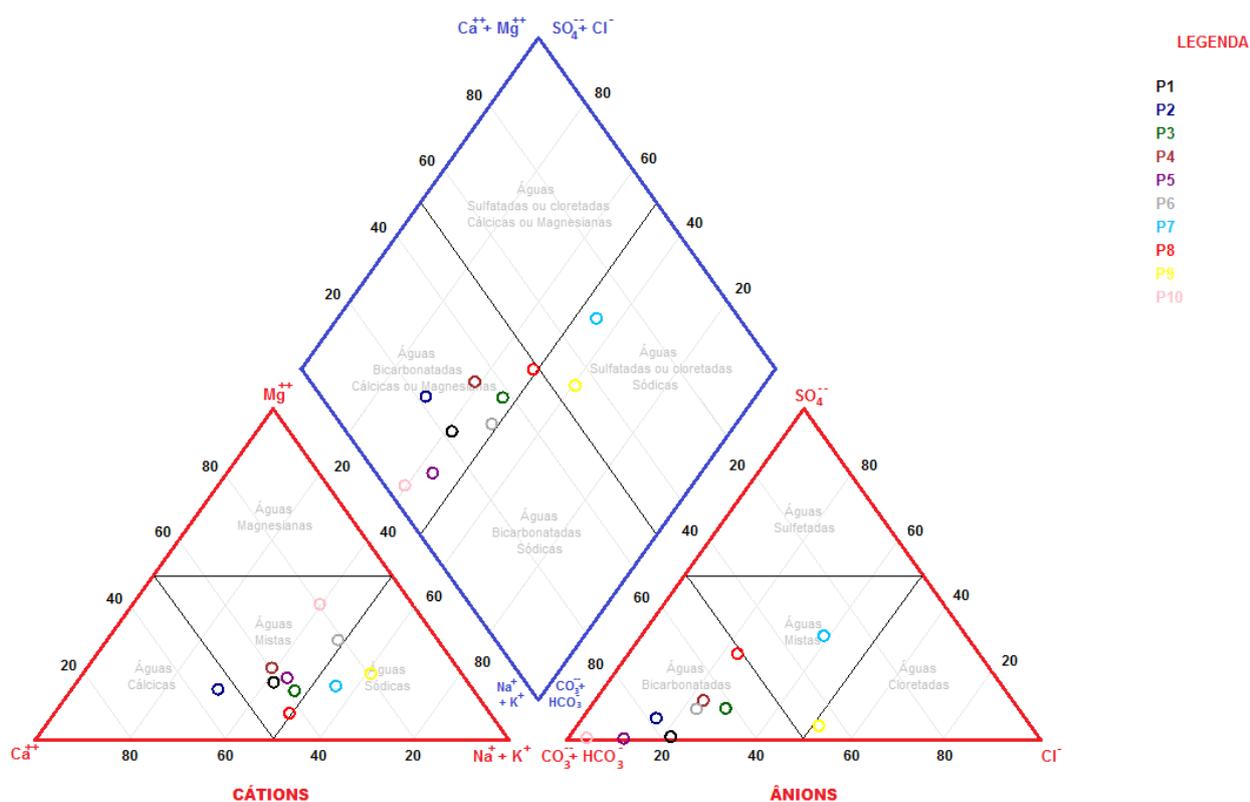


Figura 10: Diagrama de Piper, obtido pelo software Qualigraf.

Tabela 8: Classificação das águas subterrâneas, obtida pelo software Qualigraf.

Nº	Nome da Amostra	Na + k (mg/L)	Ca (mg/L)	Mg (mg/L)	Cl (mg/L)	CO3+HCO3 (mg/L)	SO4 (mg/L)	Classificação das Águas
1	P1	10,05	8,21	2,14	8,12	51,51	0,63	Mista Bicarbonatada
2	P2	12,79	16,90	2,96	8,29	73,33	5,04	Cálcica Bicarbonatada
3	P3	15,50	10,50	2,54	13,80	51,70	6,45	Mista Bicarbonatada
4	P4	9,95	8,21	2,79	9,03	45,25	6,66	Mista Bicarbonatada
5	P5	5,99	4,09	1,26	1,87	24,96	0,15	Mista Bicarbonatada
6	P6	4,47	1,56	1,37	2,31	12,14	1,35	Mista Bicarbonatada
7	P7	14,97	6,32	2,23	9,80	13,26	11,07	Sódica Mista
8	P8	11,25	7,57	0,90	6,30	24,48	9,96	Mista Bicarbonatada
9	P9	11,69	3,11	1,99	10,90	16,51	1,32	Sódica Cloretada
10	P10	6,26	2,49	3,20	0,77	37,74	0,27	Mista Bicarbonatada

Há predominância da água mista bicarbonatada em relação aos outros tipos. Os poços P7 e P9 está classificado como Sódica Mista e Sódica Cloretada, respectivamente, podendo indicar influência antrópica.

6.3 Qualidade da água

Através da comparação da Tabela 5 com as tabelas apresentadas pela portaria de portabilidade 2914/2011 do Ministério da Saúde (Anexo 3), conclui-se que todos os parâmetros apresentados estão abaixo dos valores máximos permitidos (VMP). O nitrogênio-nitrato e nitrogênio-nitrito, muito nocivos à saúde e um dos principais focos de contaminações de águas subterrâneas por fossas, possuem valores máximos possíveis de 10 mg/L e 1 mg/L, respectivamente, e encontram-se muito abaixo nos poços analisados.

Porém, os poços 7 e 9 possuem indícios de contaminação de nitrogênio-nitrato, com concentrações de 4,09 mg/L e 1,43 mg/L, respectivamente, sendo que valores acima de 3 mg/L já indicam contaminação por ação antrópica (BERTOLO, 2006). É possível relacionar esses valores com o cloreto, que apesar do valor máximo permitido ser 250 mg/L, possuem concentrações indicativas de contaminação, sendo 9,8 mg/L no poço 7 e 10,9 mg/L no poço 9. O nitrogênio-amoniaco, que indica matéria orgânica em decomposição, e também pode indicar aporte de esgoto recente, possui VMP de 3,7 mg/L N, para pH menor ou igual a 7,5, segundo a resolução 357/2005 da CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), sendo que nos poços analisados varia de não detectado até 1,17 mg/L, no poço 2, já podendo ser considerado como indicativo de contaminação.

Como é possível constatar através da Tabela 7, os poços 1 e 2 encontram-se muito acima do VMP para ferro e manganês, e o poço 10 encontra-se próximo ao valor máximo que é permitido, três

poços estão abaixo do valor máximo permitido. Em relação ao manganês, os poços 1, 2, 3, 8, 9 e 10 estão acima do VMP. Não há comprovação de que o excesso de ferro e manganês façam mal à saúde, esses elementos “apenas” deixam a água numa coloração amarelada e podem manchar as roupas (EZAKI, 2014).

O excesso desses elementos pode estar relacionando ao local que a área de estudo está localizada, numa planície aluvial, pela situação do aquífero em terreno antigo, ou até mesmo relacionado com a construção dos poços.

7. Conclusão

A maioria dos poços analisados, apesar de não seguirem um padrão alto de segurança, como utilização de alvenaria, concreto e proteção, e também não estarem dentro das recomendação do DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) em relação a distância de fossas sépticas, que devem possuir acima de 30 metros de distância da captação da água, não possuem dados muito preocupantes sobre a qualidade da água.

Os parâmetros físico-químicos se encontram dentro do esperado em relação as águas subterrâneas. A temperatura apresenta variação de 1,7 °C, e como as águas se encontram em baixas profundidades, seus valores absolutos de temperatura estão próximos da média da superfície do dia em que foi realizado o trabalho de campo. A condutividade elétrica apresentou uma variação relativamente alta, 152,3 $\mu\text{s/cm}$, isso pode ser relacionado com a concentração de bicarbonato e sólidos dissolvidos totais, que apresentaram variações de 56,19 mg/L e 91,65 mg/L, respectivamente. O pH apresentou variação de 1,28 e é levemente ácido. O oxigênio dissolvido possui concentrações muito baixas, típicas de águas subterrâneas. E o pH apresentou uma variação de 400,6mV. Substâncias como nitrito e nitrato, que são muito prejudiciais à saúde e contaminação das águas subterrâneas, apresentarem valores distantes dos máximos permitidos.

Os únicos valores que estão fora dos VMP são ferro e manganês. Mostra-se difícil concluir a alta concentração desses elementos, podendo ser devido a situação da área do estudo estar situada numa planície aluvial, que geralmente possui alta quantidade de ferro e manganês, ou relacionados a construção dos poços.

As águas subterrâneas dos poços analisados apresentam composição Mista Bicarbonatadas, e dois poços apresentam classificação Sódica Mista e Sódica Cloretada, que indica influência antrópica.

Referências Bibliográficas

- SENN, J. ., KAZZUO, C. Mapa Geológico Simplificado do Município de Campinas **Geociências Virtual**, 24 nov. 2010. Disponível em: <<http://www2.ib.unicamp.br/lte/gv/visualizarMaterial.php?idMaterial=1187>>. Acesso em: 20 nov. 2016.
- VLACH, Silvio Roberto Farias. **Geologia e petrologia dos granitóides de Morungaba/SP**. 1993. Tese (Doutorado em Mineralogia e Petrologia) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. doi:10.11606/T.44.1993.tde-15042013-112501. Acesso em: 20 nov. 2016.
- ARAB, P. B.; PERINOTTO, J. J.; ASSINE, M. L. **Grupo Itararé (P - C da Bacia do Paraná) nas regiões de Limeira e Piracicaba-SP: Contribuição ao estudo das litofácies**. *Geociências*, São Paulo, UNESP, v. 28, n. 4, p. 501-521, 2009.
- INSTITUTO GEOLÓGICO. **Subsídios para o planejamento regional e urbano do meio físico na porção média da Bacia do Rio Piracicaba, SP**. São Paulo, Relatório Técnico IG. 4 v, 1995.
- SOARES, M. J.; JUNIOR, G. C. S.; QUINTÃO, S. L. S.; LAGE, I. C.; BIAZZI, E. **HIDROQUÍMICA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS EM IGARAPÉ AMAZÔNICO**, Área Impactada por Resíduos Oleosos. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.
- IRITANI, M. A.; EZAKI, S. **AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS DO ESTADO DE SÃO PAULO**. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, Instituto Geológico, 2002.
- InternationalJournalofEngineeringResearchandReviews ISSN 2348-697X (Online) Vol. 3, Issue 1, pp: (40-48), Month: January - March 2015, Availableat: www.researchpublish.com
- SEPLAMA. **Caracterização da Macrozona 02**. Planos Locais de Gestão, Prefeitura de Campinas, Campinas-SP, 2006. Disponível em: www.campinas.sp.gov.br/governo/seplama/planos-locais-de-gestao/doc/mz2/PARTE_I_CHARACTERIZACAO.pdf
- EZAKI, S.; ODA, G. H.; IRITANI, M. A.; VEIGA, C.; STRADIOTO, M. R. **Hidroquímica dos aquíferos Tubarão e Cristalino na região de Indaiatuba-Rafard, Estado de São Paulo**. Pesquisas em Geociências, Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre - RS, 2014.
- MOTA, S. **Introdução à engenharia ambiental**. Rio de Janeiro: ABES, 2010. 4 ed. 388 p.
- YOSHINAGA-PEREIRA, S.; Silva, A.A.K. **Condições de ocorrência das águas subterrâneas e do potencial produtivo dos sistemas aquíferos na região metropolitana de Campinas**. *Rev. IG*, v. 18, n. 1-2, p. 23-40, 1997.
- JARDIM, Wilson F.. Medição e interpretação de valores do potencial redox (E H) em matrizes ambientais. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 37, n. 7, p. 1233-1235, 2014. Availablefrom<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422014000700020&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 05 Dec. 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140207>.
- BERTOLO, R.; **REFLEXÕES SOBRE A CLASSIFICAÇÃO E AS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

DA ÁGUA MINERAL ENVASADA DO BRASIL. XIV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2008.

MURARO, L. E. O.; YOSHINAGA-PEREIRA, S.; PEREIRA, P. R. B. **O POTENCIAL DE RESERVAÇÃO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO RIO ATIBAIA, DISTRITO DE BARÃO GERALDO, CAMPINAS, SP.** XIX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2016.

ANEXO 1

Dados completos do cadastramento realizado com os moradores do bairro Piracambaia II.

Poço	Coordenadas	Profundidades (metros)	Nível de água (metros)	Reservatórios (litros)	Uso de água diário (litros)	Distância fossa ao poço (metros)	Situação da Chácara	Diâmetro (metros)	Material de construção	Filtro	Tempo que mora no bairro	Quantidade de pessoas na família
P1	287055.00 m E 7484350.00 m S	4,47	3,43	1000	2000	22	Moradia	1,2	Zimbra de concreto, alvenaria e laje de proteção	Sim, areia, zeólita e carvão	15 anos	5 pessoas
P2	286854.00 m E 7484305.00 m S	4,23	1,95	6500	-	27	Veraneio	1,2	Zimbra de concreto	Sim, areia, zeólita e carvão	4 anos	1 pessoa
P3	286974.00 m E 7484318.00 m S	4,05	2,32	500	250	18	Moradia	1,2	Zimbra de concreto	Não	15 anos	2 pessoas
P4	286852.00 m E 7484381.00 m S	4,72	2,85	500	1000	16,4	Moradia	1,2	Zimbra de concreto	Sim, areia e carvão	10 anos	6 pessoas
P5	286848.00 m E 7484433.00 m S	3,77	1,85	1000	250	28	Moradia	1,2	Zimbra de concreto	Não	3 anos	8 pessoas
P6	286863.00 m E 7484499.00 m S	3,35	2,49	-	500	12,6	Moradia	1,0	Escavado	Não	2 anos	3 pessoas
P7	287049.00 m E 7484313.00 m S	3,86	2,75	1000	-	17	Veraneio	1,2	Zimbra de concreto, alvenaria e laje de proteção	Sim, areia, zeólita e carvão	11 anos	3 pessoas
P8	286858.00 m E 7484341.00 m S	2,5	1,61	500	250	13	Moradia	1,2	Zimbra de concreto	Não	20 anos	7 pessoas
P9	286820.00 m E 7484394.00 m S	4,14	2,52	500	-	20	Moradia	1,2	Zimbra de concreto e alvenaria	Não	-	-
P10	286837.00 m E 7484526.00 m S	3,89	2,65	500	1000	21	Moradia	1,2	Escavado	Não	12 anos	2 pessoas

ANEXO 2

Parâmetro	CAS	Unidade	VMP ⁽¹⁾
Alumínio	7429-90-5	mg/L	0,2
Amônia (como NH ₃)	7664-41-7	mg/L	1,5
Cloreto	16887-00-6	mg/L	250
Cor Aparente (2)		uH	15
1,2 diclorobenzeno	95-50-1	mg/L	0,01
1,4 diclorobenzeno	106-46-7	mg/L	0,03
Dureza total		mg/L	500
Etilbenzeno	100-41-4	mg/L	0,2
Ferro	7439-89-6	mg/L	0,3
Gosto e odor ⁽³⁾		Intensidade	6
Manganês	7439-96-5	mg/L	0,1
Monoclorobenzeno	108-90-7	mg/L	0,12
Sódio	7440-23-5	mg/L	200
Sólidos dissolvidos totais		mg/L	1000
Sulfato	14808-79-8	mg/L	250
Surfactantes (como LAS)		mg/L	0,5
Tolueno	108-88-3	mg/L	0,17
Turbidez ⁽⁴⁾		uT	5
Zinco	7440-66-6	mg/L	5
Xilenos	1330-20-7	mg/L	0,3

Valores máximos permitidos (VMP), definido pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

Anexo 3

Parâmetro	CAS (1)	Unidade	VMP ⁽²⁾
INORGÂNICAS			
Antimônio	7440-36-0	mg/L	0,005
Arsênio	7440-38-2	mg/L	0,01
Bário	7440-39-3	mg/L	0,7
Cádmio	7440-43-9	mg/L	0,005
Chumbo	7439-92-1	mg/L	0,01
Cianeto	57-12-5	mg/L	0,07
Cobre	7440-50-8	mg/L	2
Cromo	7440-47-3	mg/L	0,05
Fluoreto	7782-41-4	mg/L	1,5
Mercúrio	7439-97-6	mg/L	0,001
Níquel	7440-02-0	mg/L	0,07
Nitrato (como N)	14797-55-8	mg/L	10
Nitrito (como N)	14797-65-0	mg/L	1
Selênio	7782-49-2	mg/L	0,01
Urânio	7440-61-1	mg/L	0,03
Acrilamida	79-06-1	µg/L	0,5
Benzeno	71-43-2	µg/L	5
Benzo[a]pireno	50-32-8	µg/L	0,7
Cloreto de Vinila	75-01-4	µg/L	2
1,2 Dicloroetano	107-06-2	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	75-35-4	µg/L	30
1,2 Dicloroetano (cis + trans)	156-59-2 (cis)	µg/L	50
	156-60-5 (trans)		
Diclorometano	75-09-2	µg/L	20
Di(2-etilhexil) ftalato	117-81-7	µg/L	8
Estireno	100-42-5	µg/L	20
Pentaclorofenol	87-86-5	µg/L	9
Tetracloroeto de Carbono	56-23-5	µg/L	4
Tetracloroetano	127-18-4	µg/L	40
Triclorobenzenos	1,2,4-TCB (120-82-1)	µg/L	20
	1,3,5-TCB (108-70-3)		

Valores máximos permitidos (VMP), definido pela portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.