

CECILIA MARIA DE PAULA COELHO

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS DAS
ÁGUAS SUBTERRANEAS DA FLORESTA NACIONAL DE IPANEMA, IPERÓ-SP**

Sorocaba
2021

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

*ciências
ambientais*  **unesp**
Sorocaba

CECILIA MARIA DE PAULA COELHO

**AVALIAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS E BACTERIOLÓGICOS DAS
ÁGUAS SUBTERRANEAS DA FLORESTA NACIONAL DE IPANEMA, IPERÓ-SP**

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" na Área de Tratamento de efluentes, preservação e recuperação ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Enrique Gamero Guandique

Sorocaba

2021

C672a Coelho, Cecília Maria de Paula
Avaliação de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos das
águas subterrâneas da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó - SP /
Cecília Maria de Paula Coelho. -- Sorocaba, 2021
64 p. : tabs., fotos, mapas

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
Orientador: Manuel Enrique Gamero Gandique

1. Águas subterrâneas. 2. Unidade de conservação. 3. Classificação
hidrogeoquímica. 4. Controle de qualidade da água. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de
Sorocaba

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Avaliação de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de qualidade das águas subterrâneas da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó – SP

AUTORA: CECILIA MARIA DE PAULA COELHO

ORIENTADOR: MANUEL ENRIQUE GAMERO GUANDIQUE

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em CIÊNCIAS AMBIENTAIS, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MANUEL ENRIQUE GAMERO GUANDIQUE (Participação Virtual)
Engenharia Ambiental / Unesp - Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba

Prof. Dr. LEANDRO CARDOSO DE MORAIS (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Ambiental / Unesp - Instituto de Ciência e Tecnologia - Câmpus de Sorocaba

Profª. Drª. KELLY CRISTINA TONELLO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Florestal / Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

Sorocaba, 31 de agosto de 2021

Ao meu pai (em memória) que sempre plantou em mim o desejo de estudar, ao meu esposo por estar ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e, sobretudo, agradeço a Deus por ter me capacitado para viver esse projeto.

Aos meus pais e familiares por todo suporte emocional.

Ao meu esposo Cleber, pelo apoio absoluto (moral, científico e físico), desde o processo seletivo até este momento.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

A Coordenação de pós-graduação que sempre esteve presente e disposta para resolver as dificuldades enfrentadas.

Ao meu professor e orientador Prof. Dr. Manuel Enrique Gamero Guandique por todos os ensinamentos, por tanta compreensão, paciência e respeito por mim demonstrados.

A todos os docentes e discentes do Programa e demais colaboradores, técnicos e administrativos.

Aos alunos da graduação Pedro e Victor pelo suporte no laboratório

Aos amigos, Tatiana e Miquéias pela incansável dedicação e ajuda, compartilhando comigo todas as dificuldades da pós-graduação.

A Floresta Nacional de Ipanema, nas pessoas dos colaboradores Rafael, Rodrigo e Nelson por toda assistência prestada em campo.

Aos produtores rurais participantes do estudo, pela compreensão, cooperação e acolhida.

Obrigada por permitir que eu entrasse em suas rotinas, compartilhando um pouco da experiência de suas vidas.

A todas as pessoas não citadas que, de alguma maneira, contribuíram para minha formação e realização desta dissertação.

Todos vocês são coautores deste trabalho.

“Estou totalmente convencido que as espécies não são imutáveis...E que, a selecção natural tem sido o mais importante, mas não único agente de modificação dos seres vivos.”

Charles Darwin

RESUMO

A água é um recurso imprescindível para a subsistência e desenvolvimento da humanidade. Porém, seu uso indiscriminado tem gerado uma problemática no abastecimento. Dessa maneira, a utilização de águas de poços tem sido considerada uma solução temporária para tal problema. Tornando-se necessários estudos para determinar a qualidade dessa água visando a segurança daqueles que a consomem. Este estudo teve por objetivo diagnosticar parâmetros físico-químicos e bacteriológicos de dois poços tubulares localizados na Floresta Nacional de Ipanema e outros dois poços localizados no assentamento Ipanema I na Zona de Amortecimento desta unidade de conservação, comparando os dados obtidos nos períodos de seca e chuva. A Flona de Ipanema está localizada entre os municípios de Aracoiaba da Serra, Iperó e Capela do Alto no Estado de São Paulo, Brasil. As amostras foram coletadas nos meses de agosto/2019, setembro/2019, dezembro/2019 e janeiro/2020. Foram avaliados os parâmetros temperatura, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica, coliformes termos tolerantes, Cálcio, Magnésio, Potássio, Sódio, Cloreto, Sulfato, Fosfato, Nitrato, Brometo, Fluoreto, Lítio e Amônio. Os valores obtidos foram comparados aos valores máximos permitidos (VMP) para cada padrão, estabelecidos pelas legislações: Resolução do CONAMA nº 357 de 2005, Resolução do CONAMA nº 396 de 2008 e a Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017, anexo 20, apresentando resultados dentro dos valores máximos estipulados pela legislação com exceção do pH nos pontos 3 e 4, do Nitrato e coliformes termo-tolerantes no ponto 4. A análise através do diagrama de Piper classificou as águas como bicarbonatadas sódicas.

Palavras-chave: poços, qualidade da água subterrânea, Flona de Ipanema

ABSTRACT

Water is an essential resource for humankind's livelihood and development. However, its indiscriminate use has generated a problem in supply. Thus, the use of water from wells has been considered a temporary solution to this problem. Making studies necessary to determine the quality of this water aiming at the safety of those who consume it. This study aimed to diagnose physicochemical and bacteriological parameters of two tubular wells located in the Ipanema National Forest and two other wells located in the Ipanema I settlement in the Buffer Zone of this conservation unit, comparing data obtained in periods of drought and rain. Flona de Ipanema is located between the municipalities of Aracoiaba da Serra, Iperó and Capela do Alto in the State of São Paulo, Brazil. The samples were collected in the months of August/2019, September/2019, December/2019 and January/2020. The parameters temperature, pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, coliform tolerant terms, Calcium, Magnesium, Potassium, Sodium, Chloride, Sulfate, Phosphate, Nitrate, Bromide, Fluoride, Lithium and Ammonium were evaluated. The values obtained were compared to the maximum allowed values (VMP) for each standard, established by the legislation: CONAMA Resolution No. 357 of 2005, CONAMA Resolution No. 396 of 2008 and Consolidation Ordinance No. 5 of September 28, 2017, annex 20, presenting results within the maximum values stipulated by legislation, with the exception of pH in points 3 and 4, Nitrate and thermo-tolerant coliforms in point 4. The analysis through the Piper diagram classified the waters as sodium bicarbonate.

Keywords: wells, groundwater quality, Ipanema Flona

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Visão sistêmica da influência do ciclo hidrológico nas águas subterrâneas.	16
Figura 2: Geologia e delimitação do aquífero Tubarão.	20
Figura 3: Localização da área de estudo.	28
Figura 4: Área do assentamento Ipanema.	29
Figura 5: Uso do solo na área de estudo.	30
Figura 6: Poços amostrados.....	31
Figura 7: Fluxograma do processo de coleta das amostras.....	33
Figura 8: Fluxograma da determinação de sólidos totais.	36
Figura 9: Determinação de Sólidos Totais.....	36
Figura 10: Análise bacteriológica	37
Figura 11: Relação Condutividade, Sólidos totais, pH, Temperatura nos pontos amostrados.....	44
Figura 12: Classificação hidroquímica das águas dos poços estudados pelo Diagrama de Piper.	46
Figura 13: Distribuição de íons nos poços estudados (% mg/L).....	47
Figura 14: Leitura de coliformes em amostras após 24 horas em estufa a 35°C.	49
Figura 15: Leitura das amostras sob luz negra, após 24 horas em estufa a 35°C. ...	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos corpos de água subterrâneos.	22
Tabela 2: Localização dos poços amostrados.....	31
Tabela 3: Classificação dos poços segundo Vasconcelos (2014).....	38
Tabela 4: Parâmetros químicos para os 4 poços amostrados.....	40
Tabela 5: Parâmetros físico-químicos.	43
Tabela 6: Alcalinidade e Sólidos totais nos pontos amostrais.....	45
Tabela 7: Coliformes totais e termotolerantes nos períodos de seca e chuva.	48
Tabela 8: Características dos poços amostrados.....	51
Tabela 9: Classificação dos poços amostrados segundo Vasconcelos (2014)	51

LISTA DE SIGLAS

ANA	= Agência nacional de águas
CENEA	= Centro Nacional de Engenharia Agrícola do Ministério da Agricultura
CETESB	= Companhia tecnológica de saneamento básico
Cl ⁻	= Cloreto
CONAMA	= Conselho nacional do meio ambiente
CR	= Central regional
DAAE	= Departamento de águas e energia elétrica
F ⁻¹	= Fluoreto
FLONA	= Floresta nacional
H ₂ SO ₄	= Ácido sulfúrico
IBAMA	= Instituto brasileiro do meio ambiente e recursos naturais
ICM/Bio	= Instituto Chico Mendes de conservação da Biodiversidade
INCRA	= Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
Km ²	= Kilômetros quadrados
Li	= Lítio
MAARA	= Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária
Mg ⁺⁺	= Magnésio
NMP	= Número mais provável
NO ₃ ⁻	= Nitrato
OD	= Oxigênio dissolvido
pH	= Potencial hidrogeniônico
SNUC	= Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
UGRHI	= Unidade de gerenciamento de recursos hídricos renováveis
UNESP	= Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
VMP	= Volume máximo permitido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral.....	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	15
3.1.1 Águas subterrâneas da região.....	16
3.1.2 Água subterrânea na zona de amortecimento da Flona de Ipanema.....	17
3.1.3 Poços tubulares e escavados.....	17
3.2 GEOLOGIA DA REGIÃO.....	18
3.2.1 Sistema de aquífero tubarão.....	19
3.2.2 Qualidade química natural das águas subterrâneas do aquífero Tubarão.....	20
3.3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA.....	21
3.4 Indicadores físico-químicos e biológicos de qualidade da água.....	23
3.5 O NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	25
3.6 ASSENTAMENTOS RURAIS.....	26
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	27
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	27
4.1.1 Flona de Ipanema.....	27
4.1.2 Assentamento Ipanema.....	28
4.1.3 Caracterização do uso do solo na Flona de Ipanema e seu entorno.....	29
4.2 AMOSTRAGEM.....	30
4.3 ANÁLISE DAS AMOSTRAS.....	33
4.3.1 Análises físico-químicas das águas.....	33
4.3.2 Cromatografia de Íons.....	33
4.3.3 Alcalinidade.....	34
4.3.4 Resíduos Totais (Sólidos totais).....	35
4.3.5 Análises bacteriológicas.....	37
4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE POÇOS.....	38
4.5 ANÁLISE DOS DADOS.....	38
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

Existem relatos que os filósofos gregos diziam que tudo provém da água. Os estudos científicos vêm demonstrando que a vida teve sua origem nela, sendo esta a matéria que predomina em todos os corpos vivos. (BRANCO, 2010).

Sendo um dos países mais ricos em quantidade de água potável, o Brasil é detentor de 8% do volume total das reservas mundiais, tendo de maneira concentrada, em águas superficiais cerca de 18% do total mundial e 53% de águas doces dentro da América do Sul. Um dos principais motivos para tal concentração é sua extensão e condições climáticas, predominante equatorial e tropical úmida, com valores médios de precipitação anual rodando entre 1.000 e 3.000 milímetros em quase 90% do território (HIRATA, 2003). Além das águas superficiais ele também detém mais de 111 trilhões de metros cúbicos de reserva em águas subterrâneas (AYRES E WESTCOT, 1999).

Para utilização das águas subterrâneas, foi necessário o desenvolvimento de novas tecnologias para sua exploração e captação. Assim, foram desenvolvidas técnicas de perfuração dos poços, que se tornaram cada vez mais profundos. Diversas civilizações antigas desenvolveram-se fazendo uso dos suprimentos das águas subterrâneas. Em áreas rurais, por exemplo, utilizam-se águas subterrâneas provenientes de poços tipo cacimba, porém a utilização destas águas raramente recebe tratamento prévio para seu consumo/uso (NANES, et. al 2012).

Segundo Baird (2002) por conta da infiltração no solo e o longo período de tempo em permanência no substrato, estas águas possuem menores quantidades de material orgânico natural e menores quantidades de microrganismos patogênicos, que em águas superficiais como lagos e rios, porém estudos recentes podem indicar um panorama diferente. Em diversos estudos elaborados em várias localidades brasileiras sobre a qualidade da água em meio rural, evidenciou-se que, estas são usadas no abastecimento humano e dessedentação de animais sem tratamento adequado, gerando uma elevação de patologias causadas por vírus e bactérias que podem influenciar na saúde (CARVALO et al., 2000; NUNES, 2010; PINTO, 2010 e SATAKE et al., 2012).

Um dos principais causadores apontados como agentes causadores de contaminação nas águas subterrâneas é a agricultura. No desenvolvimento de suas atividades a contaminação pode ser gerada através de diversas substâncias químicas utilizadas no campo, como: inseticidas, herbicidas, fungicidas e os fertilizantes, destacando-se os fertilizantes sintéticos compostos por nitrogênio na forma livre de nitrato, composto inorgânico com maior índice de ocorrência nos aquíferos (HIRATA, 2003), que segundo Nanes et al. (2012) em condições aeróbias possui uma maior mobilidade.

Um dos principais problemas de saúde pública, em países em desenvolvimento, são as doenças parasitárias intestinais, que tem relação direta com a falta de saneamento básico e a consequente degradação ambiental (CAGNI e SOUZA, 2016). Além da contaminação por parasitas e outros microrganismos, as águas subterrâneas podem conter elementos químicos em quantidades prejudiciais às plantações, animais e seres humanos.

Assim, torna-se imprescindível que, essas águas, sejam caracterizadas quanto a esses parâmetros para que possam ser utilizadas e consumidas com relativa segurança.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar os parâmetros físico-químicos e bacteriológicos dos poços tubulares presentes na unidade de conservação da Floresta Nacional de Ipanema e em sua zona de amortecimento, visando identificar a qualidade da água ofertada, visto que esses dados não foram encontrados na literatura, contribuindo assim com a elaboração de planos de ação que se façam necessários.

2.2 Objetivos específicos

Avaliar os parâmetros físicos, químicos e biológicos, tais como: pH, condutividade, Oxigênio dissolvido, Temperatura, Coliformes, Ânions e Cátions.

Avaliar a concentração de Sólidos Totais e alcalinidade.

Correlacionar os parâmetros físicos, químicos e biológicos com os valores máximos permitidos de cada parâmetro baseados na Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017.

Identificar as variações desses parâmetros nos períodos de seca e chuva.

Identificar possíveis diferenças na qualidade da água dos poços dentro da UC e na zona de amortecimento.

Classificar quimicamente as águas dos poços utilizando o diagrama de Piper.

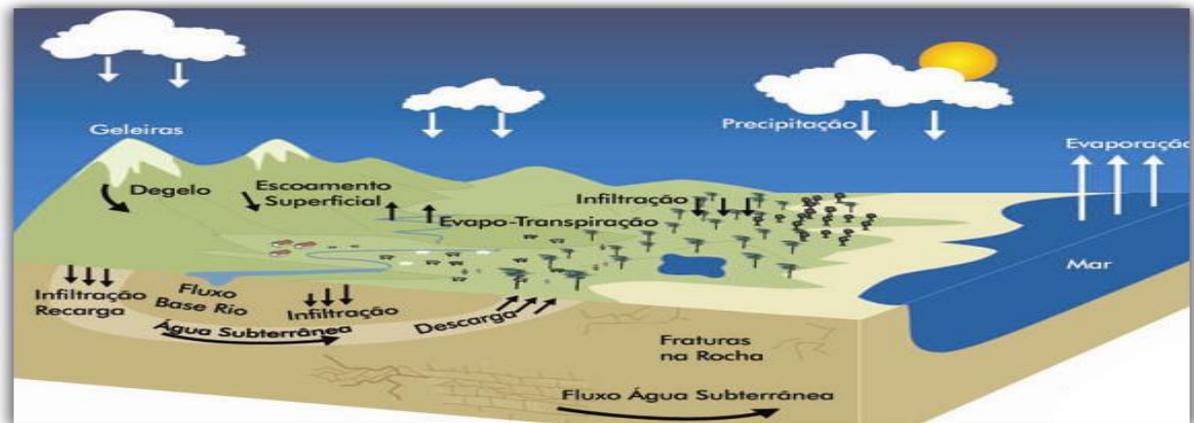
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

De toda água do planeta, apenas 2,5% corresponde à água doce, estimando que 29,9% destas sejam de águas subterrâneas. Águas subterrâneas são aquelas que estão localizadas abaixo da superfície da terra, preenchendo os espaços no solo, fraturas ou fissuras em rochas permeáveis. (BRASIL, 2007). Posteriormente à precipitação, uma parte da água escoar sobre a superfície e a outra penetra o interior do subsolo, atingindo uma camada de terreno denominada de zonas não saturadas, onde os poros, fissuras e rachaduras são preenchidas. Através da gravidade, outra parte da água, em um movimento descendente atinge as camadas mais profundas, as zonas saturadas. (Figura 1).

Sua composição pode ser influenciada por constituintes orgânicos (intemperismo químico, atividades vulcânicas, constituintes atmosféricos, elementos radioativos, etc.), podendo sofrer influências de origens físicas, geológicas, naturais ou de origem antrópica (profundidade, tempo de trânsito, troca iônica, recarga, contaminação, etc.). (ALMEIDA, 2016).

Figura 1: Visão sistêmica da influência do ciclo hidrológico nas águas subterrâneas.



Fonte: Ministério do Meio Ambiente (2017).

São fundamentais para o abastecimento público no Brasil (ANA, 2010), contribuindo também pelo fluxo de base dos rios nos períodos de estiagem. A crise no abastecimento dos últimos anos, observada nas imagens de reservatórios em níveis preocupantes, colaborou para que os olhares se voltassem para o uso dos aquíferos. Um grande potencial foi observado com 181 aquíferos e sistemas que se dividem em três domínios: fraturado, sedimentar e cárstico. (ANA, 2013).

Aquíferos são formações geológicas constituídas por rochas capazes de armazenar quantidades significativas de água, podendo atingir milhares de km². (CARTILHA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 2019)

Apesar desse uso ter aumentado há décadas, seu controle e monitoramento são precários, enfrentando dificuldades como a superexploração e a poluição, falta de dados sobre os limites, litologia, qualidade das águas e vulnerabilidade (GOETTEN, 2015).

3.1.1 Águas subterrâneas da região

A Floresta Nacional (Flona) de Ipanema e a região ao seu redor envolvem áreas das sub-bacias hidrográficas do rio Ipanema e ribeirões Iperó e do Ferro que integram a bacia hidrográfica do rio Sorocaba/Médio Tietê, possui classificação como Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) n°10, fazendo parte do quinto grupo de UGRHIs e possuindo uma área de 5.325km². (IBAMA, 2017)

Segundo o IBAMA (2017), seus principais aquíferos são divididos em duas categorias: Sistema Aquífero Cristalino e Sistema Aquífero Sedimentar, levando em consideração armazenamento e circulação de água.

O sistema Aquífero Cristalino dessa região é composto por rochas do embasamento (Grupo São Roque e Fácies Cantareira) e intrusivas mesozóicas do Corpo Alcalino de Ipanema.

3.1.2 Água subterrânea na zona de amortecimento da Flona de Ipanema

O Sistema Aquífero Sedimentar nessa área é constituído por sedimentos da Formação Itararé, pertencentes ao Grupo Tubarão e por depósitos aluvionares recentes que ocupam grande parte da Zona de Amortecimento, chamado Sistema Aquífero Tubarão.

É do tipo granular, tendo origem na deposição de detritos em bacias de acumulação e condicionados por processos geológicos específicos. O potencial hídrico sofre influência da espessura e frequência das camadas arenosas, características dos arenitos, porosidade, grau de compactação e história diagenética, recebendo recarga das precipitações diretamente em suas aflorantes e no contato com o embasamento cristalino, nas regiões marginais da bacia. (IBAMA, 2017)

3.1.3 Poços tubulares e escavados

Como uma importante fonte alternativa para as áreas rurais e urbanas as águas subterrâneas constituem uma ótima fonte de recursos como opção do abastecimento de homens, animais, irrigação agrícola e vários setores de industriais (GRUMICKER et al. 2018).

Em zonas rurais e em periferias de cidades é comum as famílias utilizarem poços para o abastecimento de água e suprir suas necessidades. De maneira mais generalista, o serviço de tratamento de água ou coleta de esgotos é ausente para estas comunidades realizando o descarte dos efluentes em fossas ou direto no ambiente (NANES, et al. 2012).

Para Vasconcelos (2014) poços, de maneira geral, são confeccionados em posição vertical, usado na captação, recarga ou observação destas águas subterrâneas fazendo uso de mecanismos artificiais ou naturais, sendo eles

separados em dois grupos, poços escavados ou poços tubulares. Cada um deles possui subdivisões, levando em consideração o modo como é confeccionado, seu diâmetro, se existe revestimento e se existe pressões hidráulicas atuando.

Os poços artesianos ou tubulares são os que captam água de aquíferos confinados em que a pressão faz com que a água jorre. Poços escavados, em geral, possuem diâmetro acima de 0,5m com profundidade variada que dependem da formação geológica local. Poços escavados do tipo cacimbão são aqueles que possuem diâmetro superior a 1m e inferior a 5 m, possuindo revestimento total ou parcial na parede e poços escavados do tipo cacimba são aqueles que não possuem revestimento e diâmetro superior a 5 m.

3.2 GEOLOGIA DA REGIÃO

A maior parte da Bacia do Paraná é composta por variadas aflorações rochosas sedimentares e basálticas. No período Paleozoico, desde o Devoniano, vários e extensos pacotes foram depositados em ambientes exclusivamente marinhos: Formação Furnas, Grupo Itararé, Formação Aquidauana, Grupo Guatá e Grupo Passa Dois. No Triássico com a regressão dos mares e sem o seu retorno, rios e lagos do continente tiveram sua formação em um ambiente que se foi se tornando desértico. Neste período ocorre um novo ciclo de sedimentação com depósitos de arenitos eólicos nas sucessões dos campos de dunas (formações Pirambóia, durante o Eo-Triássico, e Botucatu, do Neo-Jurássico ao Eo-Cretáceo) (SÃO PAULO, 2005).

Iperó e Araçoiaba da Serra estão localizados na borda leste da Bacia do Paraná, aflorando sedimentos da Formação Itararé que pertencem ao Grupo Tubarão. Mergulhando essas camadas suavemente na direção noroeste. Compõe-se, especialmente, de arenitos com granulação variada, imaturos, passando a arcósios, conglomerados, diamictitos, tilitos, silitos, folhelhos e ritmitos, formados em depósitos glaciais continentais, glácio-marinhos, fluviais, deltáicos, lacustres e marinhos. (IBAMA, 2003). A espessura total do Grupo Itararé pode chegar a 1.000 metros nas porções centrais da Bacia do Paraná, mas diminui em direção às bordas da bacia (ODA, 1998).

Possui como característica a presença de varvitos e diamictitos, formados em mares e rios glaciais de latitude que se apresentam em camadas que podem alcançar cem metros e clastos de diversas litologias, formas e dimensões. Os diamictitos, quando maciços, homogêneos e apresentando matriz com alta porcentagem de finos, podem ser descritos como tilitos (IBAMA, 2017).

3.2.1 Sistema de aquífero tubarão

Segundo as informações do Mapa Geológico do Estado de São Paulo, este aquífero é composto pelas seguintes unidades geológicas (PERROTTA et al. 2005) (Figura 2): Grupo Itararé e formação Aquidauna do Permo-Carbonífero, depósitos nos ambientes glaciais continentais com ingressões marinhas; e Grupo Guatá do Permiano, tendo as formações Tatuí de forma predominante, Rio Bonito e Rio Palermo de maneira subordinada, sendo depositados em ambientes marinhos raso. O grupo Guatá está situado, logo abaixo do grupo Passa Dois e do Grupo Itararé e formação Aquidauna, acima do grupo Paraná. Com grandes porções das unidades Itararé e Aquidauna, depositadas de forma direta sobre o embasamento pré-cambriano.

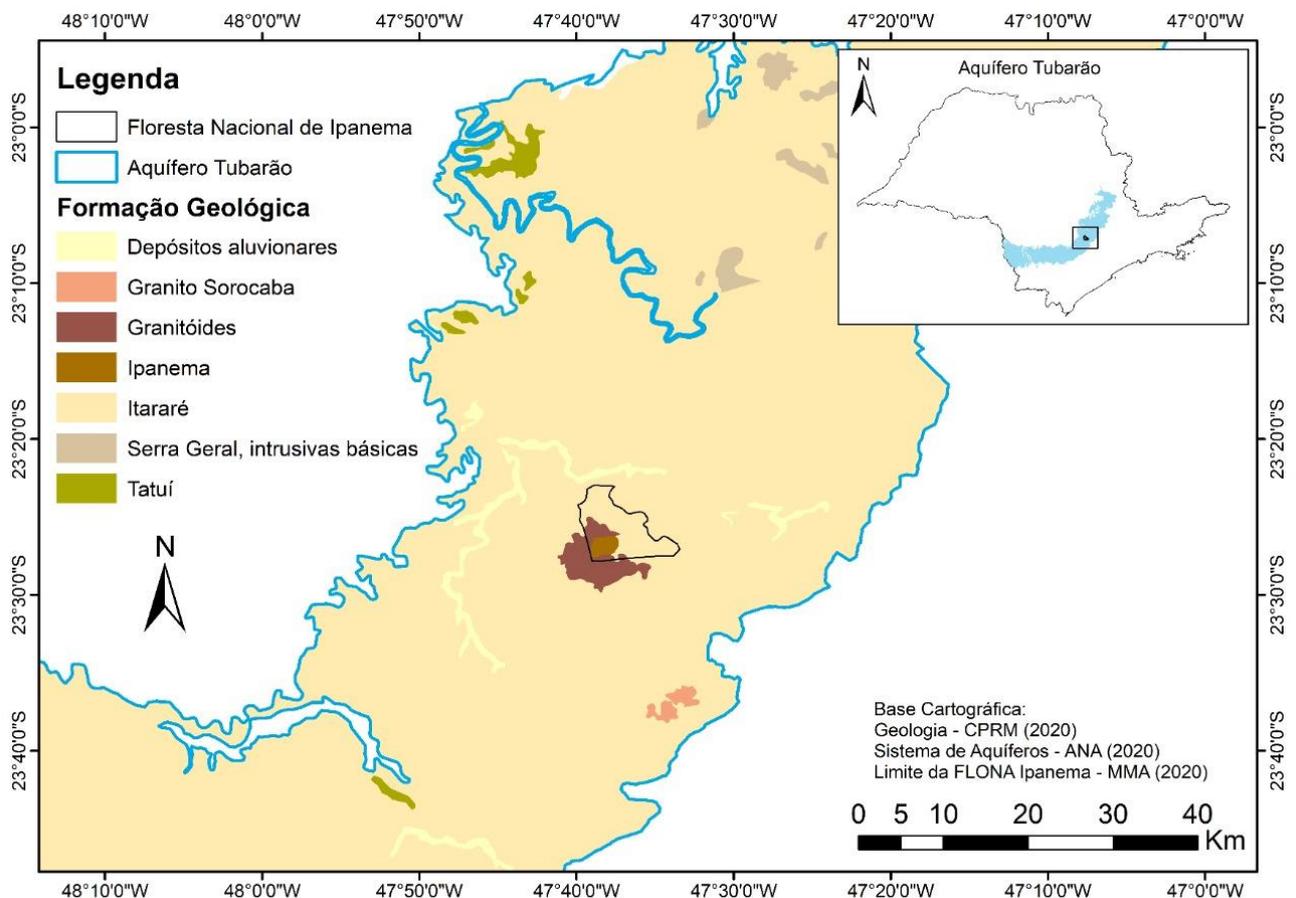
A formação rochosa do grupo Itararé e formação Aquidauna intercala entre elas soleiras de diabásio da Formação Serra Geral, em destaque ao norte de Campinas. A formação Tatuí, possui espessuras que podem variar de 30 a 50 metros nas porções aflorantes, tendo pontos sendo maiores que 70 metros de profundidade, com constituição predominante de siltitos e de arenitos, calcários, folhelos e sílex. Pode apresentar arenito conglomerático ou conglomerados com seixos e sílex no contato superior com a formação Irati.

A depressão periférica, onde o afloramento do aquífero tubarão está inserido teve subdivisões: Zona do Moji-Guaçu, com extensas colinas de picos tubulares e com altitudes que vão de 500 e 650m; Zona do Paranapanema, com colinas extensas e tubulares com altitudes variáveis de 600 a 700 m; e Zona do médio Tietê, com grandes colinas de picos tubulares e extensos variando entre 500 e 650 m (ROSS e MOROZ, 1997).

O sistema possui uma linha de contato que sofre alteração; quanto mais a oeste ela apresenta maiores espessuras no interior da Bacia do Paraná. O contorno

apresenta porções elevadas e rebaixadas em seu embasamento, tais características já foram descritas nas regiões entre Salto de Pirapora e Itu (ODA,1998), Campinas (IG, 1993), na porção média do Rio Piracicaba e nas cidades de Tietê, Capivari e Monbuca (VIDAL, 2002). O embasamento pode atingir várias porções rebaixadas com as seguintes altitudes: 300 m para a cidade de Campinas, 250 m para a cidade de Itu e próximo ao nível do mar na região da cidade de Mombuca (SÃO PAULO, 2005).

Figura 2: Geologia e delimitação do aquífero Tubarão.



Fonte: Autoria própria.

3.2.2 Qualidade química natural das águas subterrâneas do aquífero Tubarão

As águas do Aquífero Tubarão são fracamente salinas, bicarbonatadas sódicas (Grupo Itararé) e secundariamente bicarbonatadas cálcicas (Formação Aquidauana) ou mistas (DAEE 1981, 1982). O pH varia de 4,8 a 8,9 e o resíduo seco de 21 a 421 mg/L, sendo adequadas ao abastecimento público e uso geral (SÃO PAULO, 2005).

3.3 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA E PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA

No Brasil, a Portaria BSB nº 56, de 14 de março de 1977, estabeleceu os padrões de potabilidade de água para o consumo humano, sendo esta a primeira legislação nacional criada pelo Ministério da Saúde. A partir de sua revisão foi desenvolvida a Portaria GM nº 36 de 1990, e no ano de 2000 foi criada uma nova portaria pelo Ministério da Saúde, nº1469. Após reestruturação no Ministério da Saúde e da Secretaria de Vigilância em Saúde em 2000 ela foi extinta e passou a vigorar a Portaria do Ministério da Saúde nº518 de 2004, que foi substituída em 2011 pela Portaria do Ministério da Saúde nº2914 (BRASIL, 2011).

A Portaria de 2011 define água potável aquela que é destinada ao consumo humano, sendo ela para ingestão, preparo e produção de alimentos, além de ser utilizada para higiene pessoal, não levando em consideração sua origem desde que este esteja dentro dos padrões de potabilidade (BRASIL, 2011). Esta portaria foi extinta em 2017 e consolidada junto a Portaria nº 5 de consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde, anexo XX do controle e da vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (Origem: PRT MS/GM 2914/2011) (BRASIL, 2017). O Ministério da Saúde estabelece valores máximos permitidos (VMP) para parâmetros físico-químicos e microbiológicos (Tabela 1).

Águas subterrâneas são definidas pela Resolução CONAMA nº 396 de 2008, como toda água que tenha ocorrência de maneira natural ou artificial no subsolo. No Artigo 3º divide as águas subterrâneas em 6 classes (especial, classes 1,2,3,4 e 5), esta mesma Lei apresenta os parâmetros físicos-químicos e microbiológicos que tem maiores chances de aparecimento nas águas subterrâneas e os valores máximos permitidos (VMP) para cada classificação de uso, considerando os parâmetros aceitáveis para sua aplicação dentro desta resolução.

Tabela 1: Classificação dos corpos de água subterrâneos.

Classe	Descrição
Classe especial	Águas pertencentes aos aquíferos, conjunto de aquíferos ou aglomerado, destinados a preservar ecossistemas dentro de unidades de conservação e preservação integral e as que amparem diretamente os trechos de águas superficiais que se enquadrem como classe especial;
Classe 1	Águas pertencentes aos aquíferos, conjunto de aquíferos ou aglomerado destes que não tenham sofrido alterações por ações antrópicas, que não seja necessário nenhum tipo de tratamento para quaisquer usos preponderantes, considerando suas características;
Classe 2:	Águas pertencentes aos aquíferos, conjunto de aquíferos ou aglomerado destes que não tenham sofrido alterações por ações antrópicas, mas podem apresentar a necessidade de tratamento adequado, devido ao uso preponderante ou devido as suas características hidrogeoquímicas naturais
Classe 3	Águas pertencentes aos aquíferos, conjunto de aquíferos ou aglomerado destes que tenham alterações em sua qualidade devido ações antrópicas, podendo não ser necessário o tratamento devido a estas alterações, porém pode exigir tratamento adequado dependendo do uso preponderante, por conta de suas características hidrogeoquímicas naturais;
Classe 4	Águas pertencentes aos aquíferos, conjunto de aquíferos ou aglomerado destes com alteração em sua qualidade causadas por ações antrópicas, que somente poderá ser usada sem devido tratamento para uso preponderante que seja menos restritivo;
Classe 5	Águas pertencentes aos aquíferos, conjunto de aquíferos ou aglomerado destes que podem apresentar alterações em sua qualidade devido as ações antrópicas, cuja as quais sejam destinadas a atividade sem requisitos de qualidade para seu uso.

Fonte: Elaborado a partir dos dados da Resolução do CONAMA no 396 de 2008.

3.4 Indicadores físico-químicos e biológicos de qualidade da água

As características físicas da água estão relacionadas com parâmetros estabelecidos com padrões estéticos e subjetivos como: cor, temperatura, sabor, odor. Porém, a água de melhor aparência não garante qualidade adequada ao consumo. As características químicas da água estão relacionadas às substâncias dissolvidas que alteram valores em parâmetros como: acidez, alcalinidade, pH (TELLES e COSTA, 2007).

3.4.1 Potencial Hidrogeniônico-pH

É uma grandeza que varia de 0 a 14 e indica a intensidade da acidez ($\text{pH} < 7$), neutralidade ($\text{pH} = 7$) ou alcalinidade ($\text{pH} > 7$) de uma solução aquosa (EMBRAPA 2011). Determinadas condições de pH podem contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos (PIVELI E KATO, 2005). O pH pode ser influenciado por fatores naturais como decomposição de rochas, absorção de gases atmosféricos, oxidação da matéria orgânica e a fotossíntese, bem como por fatores antrópicos (VON SPERLING 2014).

3.4.2 Oxigênio Dissolvido (OD)

Dentre os gases dissolvidos na água, o oxigênio é um dos mais importantes na dinâmica e na caracterização de ecossistemas aquáticos. As principais fontes de oxigênio para a água são a atmosfera e a fotossíntese. A solubilidade do oxigênio na água, como de todos os gases, depende de dois fatores principais: temperatura e pressão. Assim, com a elevação da temperatura e diminuição da pressão, ocorre redução e solubilidade do oxigênio na água (ESTEVEZ, 2011).

3.4.3 Temperatura

A temperatura é uma condição importante para caracterização e monitoramento da qualidade da água. É a medida da intensidade do calor. Esse parâmetro influencia em algumas propriedades da água (densidade, viscosidade, oxigênio dissolvido), refletindo na vida aquática. A temperatura pode variar em função de fontes naturais (energia solar) e fontes antropogênicas. As elevações da temperatura são responsáveis pelo aumento da taxa de reações físicas, químicas e

biológicas, diminuindo a solubilidade dos gases, como o oxigênio dissolvido. (SPERLING, 2005).

3.4.4 Condutividade

A capacidade da água em conduzir a corrente elétrica pode ser expressa numericamente pela condutividade, que está relacionada diretamente com as concentrações iônicas e temperatura. A condutividade indica a quantidade de sais presentes na água, fornecendo uma medida indireta da concentração de poluentes e uma indicação das modificações na composição do corpo d'água. Concentrações acima de 100 μ S/cm (micro Siemens/cm) geralmente indicam ambientes impactados; valores altos podem também indicar características corrosivas da água (CETESB,2011).

3.4.5 Ânions e Cátions

Em águas subterrâneas, os solutos e suas concentrações podem ser influenciadas por fatores relativos ao aquífero, como a composição das rochas que o formam, do tipo de alteração que o mineral sofre (sendo estas influenciadas pelo tempo de contato da água com a rocha, temperatura e da presença de ácidos inorgânicos e orgânicos), do fluxo e taxa de recarga do aquífero, além da extensão do percurso subterrâneo e também por fatores externos como o clima, poluição e recarga artificial (MOURÃO et al.,2000).

Na água subterrânea a maioria das substâncias dissolvidas encontram-se em estado iônico. Os íons mais frequentes observados são os cátions Cálcio, Magnésio, Sódio e Potássio e os ânions Bicarbonato, Carbonato, Cloreto e Sulfato (MANASSÉS, 2009).

3.4.6 Alcalinidade

Em amostras de água a alcalinidade é definida por sua capacidade de reação quantitativa com um ácido forte dentro de uma faixa de pH. Os componentes mais importantes na alcalinidade são os sais do ácido carbônico, isto é, bicarbonatos e carbonatos e os hidróxidos. As taxas de concentração destes componentes podem fornecer informações importantes sobre as ações corrosivas ou incrustantes da água

analisada. Os bicarbonatos e os carbonatos dissolvem-se na água devido à sua passagem pelo solo. Se este solo for rico em calcáreo, o gás carbônico da água o solubiliza, transformando-o em bicarbonato.

3.4.7 Sólidos totais

Os sólidos totais na água representam toda a matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um determinado tempo. (PIVELI, 1996). Podem causar danos ao ambiente e a vida aquática, podendo sedimentar-se, acentuando o acúmulo de bactérias e resíduos orgânicos (CETESB, 2014).

3.4.8 Coliformes

As águas de poços, mesmo cristalinas, sem odor e aparentemente próprias para consumo, podem conter microrganismos patogênicos (COLVARA et al., 2009). Segundo Conte et al. (2004) a instalação de fossas, defeitos na canalização ou o contato direto com fezes de animais podem acometer o lençol freático, constituído possíveis causas de contaminação das águas obtidas de poços artesianos.

O grupo coliforme consiste de bacilos Gram-negativos, anaeróbios facultativos, não esporulados, (TORTORA, 2002). Os coliformes totais são comumente encontrados nas fezes de alguns animais, material vegetal e no solo. São considerados coliformes termotolerantes o subgrupo das bactérias do grupo coliforme que fermentam a lactose a 44,5 em 24 horas; tendo como principal representante a *Escherichia coli*, de origem exclusivamente fecal (BRASIL,2004).

3.5 O NITRATO NAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Em geral, o nitrato (NO_3^-) é pouco encontrado em águas superficiais, mas é um dos contaminantes inorgânicos que geram preocupações nas águas subterrâneas, tendo maiores ocorrências nas zonas rurais e suburbanas. Originando-se através de fontes como fertilizantes aplicados em plantações, podendo ser nitrogenados, inorgânicos e de esterco animal; efluentes descartados em depósitos sépticos e deposição atmosférica (BAIRD e CANN, 2011).

Campos e Rohfs (2011) e Mores Jr (2018) nitrito e nitrato podem ser encontrados de maneira natural nas águas e no solo, porém em baixas concentrações afirmam que nitrito e nitrato podem ser encontrados de maneira natural nas águas e no solo, porém em baixas concentrações. A utilização de material orgânico diretamente no solo pode gerar um aumento exponencial na quantidade de nitrogênio. Este elemento é metabolizado e transformado bioquimicamente sendo sua forma final o nitrato que possui uma mobilidade facilitada no solo atingindo rapidamente os mananciais subterrâneos, onde se deposita. Acarretando em um dos maiores problemas encontrados na ampla utilização dos fertilizantes: a lixiviação do nitrato em águas subterrâneas (VESILIND e MORGAN, 2013).

O ministério da Saúde define que o limite máximo permitido de ingestão de nitrato através da água é de 10 mg/L de NO_3^- (ou o equivalente a 45 mg/L NO_3^-). A toxicidade está relacionada a biotransformação do nitrato que é reduzido pelo organismo a nitrito, determinando a oxidação das hemoglobinas em metahemoglobinas, diminuindo o transporte de oxigênio para os tecidos (WHO., 2006).

3.6 ASSENTAMENTOS RURAIS

A moradia digna é um direito humano básico, previsto no artigo 6º da Constituição Federal. (MATEUS, 2017). Os assentamentos rurais são locais estratégicos para soluções da questão agrária brasileira, dando forma a um novo modelo de integração da população rural de redistribuição da propriedade fundiária. O termo assentamento possui relação com um espaço em que uma população será instalada sendo, portanto, uma transformação do determinado espaço físico, com o objetivo de sua exploração agrícola abrangendo também a disponibilidade de condições adequadas para o uso da terra e à vida comunitária. Com o fortalecimento da agricultura familiar. (ESQUERDO E BERGAMASCO, 2015).

A região de São Paulo, delimitada pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), possui uma grande extensão territorial, sendo esses assentamentos bastante heterogêneos. A área do assentamento Ipanema (Iperó), decretada em 1995, foi ocupada em maio de 1992. Depois de um período de

conflitos, a situação começou a se modificar após a assinatura do Acordo de Cooperação Técnica entre os órgãos INCRA e ICM/Bio, em 2010, visando a transição agroecológica da produção neste assentamento para solução da questão fundiária na área, já que este está situado na zona de amortecimento da unidade. (DUVAL et al, 2012). Dentro do acampamento, existiam pessoas responsáveis por diversas atividades, para melhorar a organização e garantir que as famílias tivessem condições de resistir e serem assentadas, havendo equipes responsáveis pela segurança, saúde, cozinha comunitária, para fazer poços, fossas e barracos. (CASTRO, 2005). Fato este que foi também descrito em diversas conversas informais com os assentados durante este trabalho. Estes também descreveram e demonstraram suas preocupações, desejos e investimento com culturas sustentáveis.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

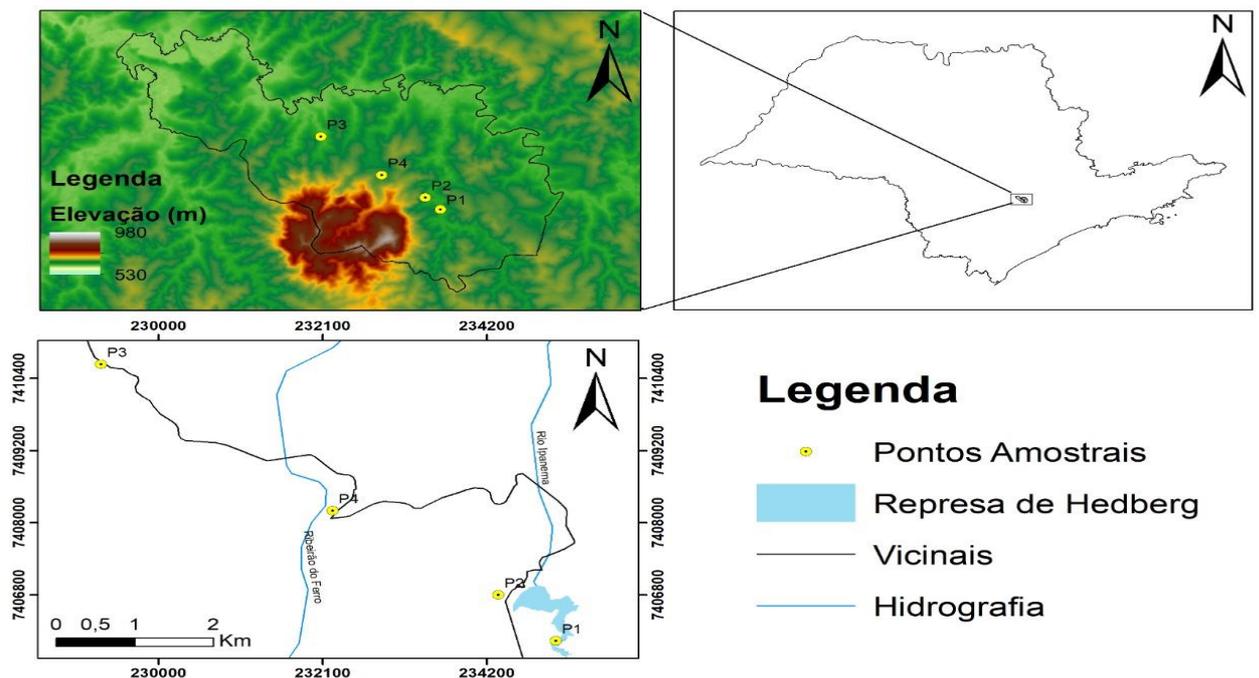
4.1.1 Flona de Ipanema

A Floresta Nacional de Ipanema está localizada entre os municípios de Araçoiaba da Serra, Iperó e Capela do Alto no Estado de São Paulo, Brasil (Figura 3). A FLONA de Ipanema, que está classificada pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) como uma unidade de conservação de uso sustentável, possui uma área de 5.069,73 hectares. (IBAMA, 2016).

Na região, o clima é caracterizado como zona de transição entre tropical e temperada, tendo classificação de subtropical (Köppen), com inverno característico seco. Podendo apresentar temperaturas máximas superiores aos 22°C e com mínimas podendo ficar abaixo dos 18°C. A média anual de precipitações para a região é de 1.400mm, sendo que o período com menos precipitações é entre os meses de agosto a novembro e os períodos com maior índice de precipitação é entre os meses de março a junho. A malha hidrográfica se insere nas áreas das sub-bacias hidrográficas do rio Ipanema e Ribeirões Iperó e do Ferro, que compõem a bacia hidrográfica do rio Sorocaba/Médio Tietê. Fazem parte ainda da hidrografia da Flona de Ipanema o Rio Verde, a represa Hedberg, as lagoas do Cobra e Padre Velho e o córrego da Onça. (IBAMA, 2008).

Sendo muito conhecida por seu valor histórico, foi explorada pelos portugueses em busca de ouro. No entanto, foram encontrados apenas minério de ferro, gerando sua exploração através de dois fornos, cujas ruínas ainda podem ser vistas nos dias atuais. Porém, seu patrimônio biológico é extenso e seu estudo é de extrema importância para sua conservação.

Figura 3: Localização da área de estudo: Iperó, SP, Brasil.



Fonte: Autoria própria.

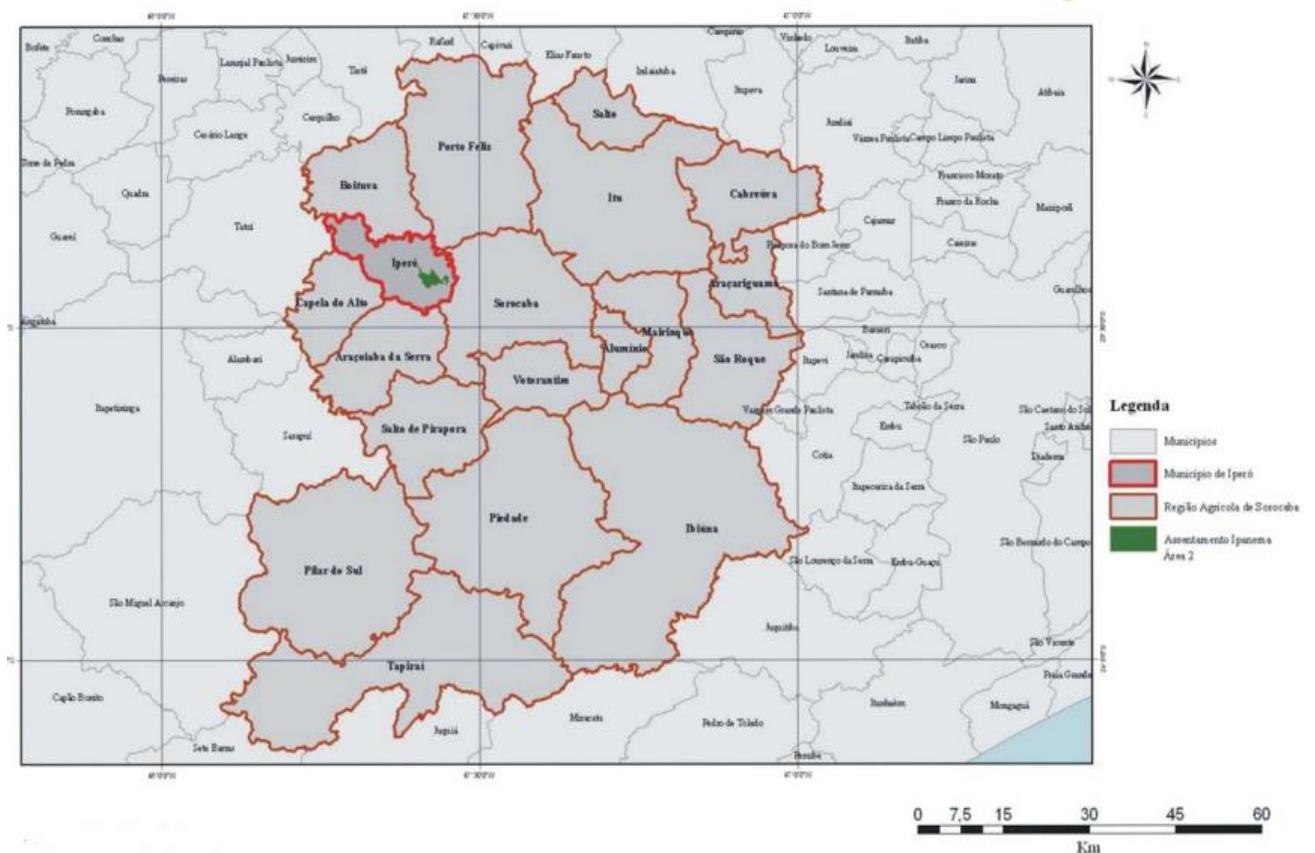
4.1.2 Assentamento Ipanema

Em 16 de maio de 1992 inicia-se o Assentamento Ipanema, sendo alguns lotes no interior da Floresta Ipanema. Sua formação ocorre quando aproximadamente 540 famílias de trabalhadores rurais ligados a movimentos sociais ocupam parte da antiga Fazenda Ipanema devido às condições instituídas com a extinção do Centro Nacional de Engenharia Agrícola do Ministério da Agricultura e a passagem de parte dessa área, 5069,73ha ao IBAMA, para criação da Floresta Nacional de Ipanema, sendo que a área restante foi dividida entre o Ministério da Marinha e o Ministério da Agricultura do Abastecimento e da Reforma Agrária (MAARA).

Porém, em janeiro de 1993 algumas famílias invadiram outra área de responsabilidade do MAARA que estava improdutiva, constituindo o assentamento hoje conhecido como “ÁREA 2”.

Esse assentamento é considerado o maior da Região com sede em Sorocaba (Figura 4), representando cerca de 50% do total dos assentamentos dessa região e cerca de 1,3% do total da área agricultável e 2,5% do total de lotes dos assentamentos do Estado, sendo que sua população de 680 moradores corresponde a 35% do total de moradores dos assentamentos região (ITESP, 1998).

Figura 4: Área do assentamento Ipanema.



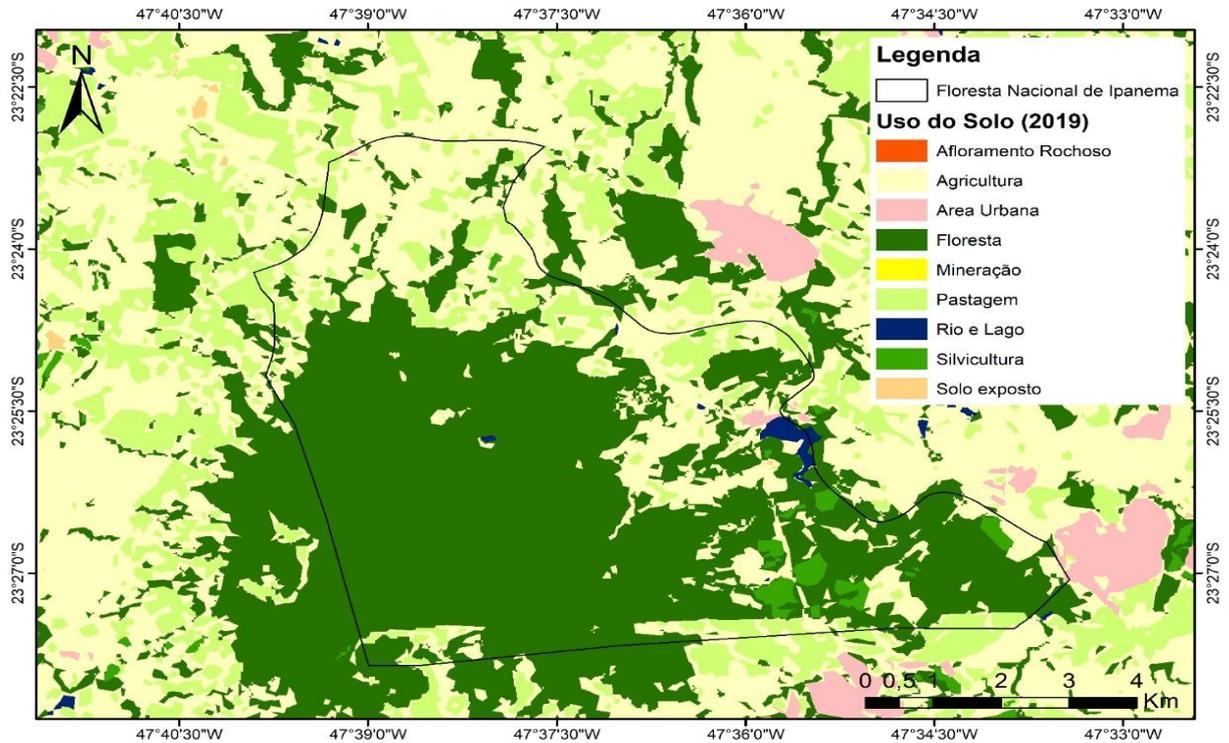
Fonte: Castro, 2004.

4.1.3 Caracterização do uso do solo na Flona de Ipanema e seu entorno

Segundo o Plano de Manejo da Flona (2017) a região apresenta uma área de Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado, área de reflorestamento, áreas agropastoris, recursos hídricos, várzea, afloramento rochoso, área de

descomissionamento de atividade de mineração e áreas urbanizadas. O site MapBiomas mostra informações do uso do solo no ano de 2019 para a área (Fig. 5) incluindo área de silvicultura e solo exposto no entorno.

Figura 5: Uso do solo na área de estudo.



Fonte: Autoria própria. Base da dados: MapBiomas.

4.2 AMOSTRAGEM

Foram selecionados quatro poços, sendo dois dentro da Unidade de Conservação da Floresta Nacional de Ipanema, denominados Poço 1 (23° 26' 02.9" S 47° 35' 34.1" W) e Poço 2 (23° 25' 37.7" S 47° 35' 59.5" W) e dois distribuídos em sua área de amortecimento na área onde está situado o assentamento, denominados Poço 3 (23° 23' 30.0" S 47° 38' 55.9" W) e Poço 4 (23° 24' 51.0" S 47° 37' 13.3" W) (Tabela2).

Tabela 2: Localização dos poços amostrados.

Poço	Localização	Coordenadas
P1	Flona de Ipanema	23° 26' 02.9" S 47° 35' 34.1" W
P2	Flona de Ipanema	23° 25' 37.7" S 47° 35' 59.5" W
P3	Assentamento	23° 23' 30.0" S 47° 38' 55.9" W
P4	Assentamento	23° 24' 51.0" S 47° 37' 13.3" W

Fonte: autoria própria.

O poço 1 (Figura 6a) fica próximo a Represa de Hedberg dentro da Flona de Ipanema. O poço 2 (Figura 6b) também situado dentro da unidade de conservação fica próximo ao viveiro de mudas existente na Flona de Ipanema. As coletas dentro da Unidade de Conservação foram realizadas após autorização emitida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) vinculado ao Ministério do Meio Ambiente sob número 71024-1.

Os poços 3 e 4 (Figura 6 c e d) ficam dentro de duas propriedades ocupadas por assentados rurais, sendo as coletas realizadas sob autorização e supervisão dos mesmos.

Figura 6: Poços amostrados.



Fonte: Acervo pessoal.

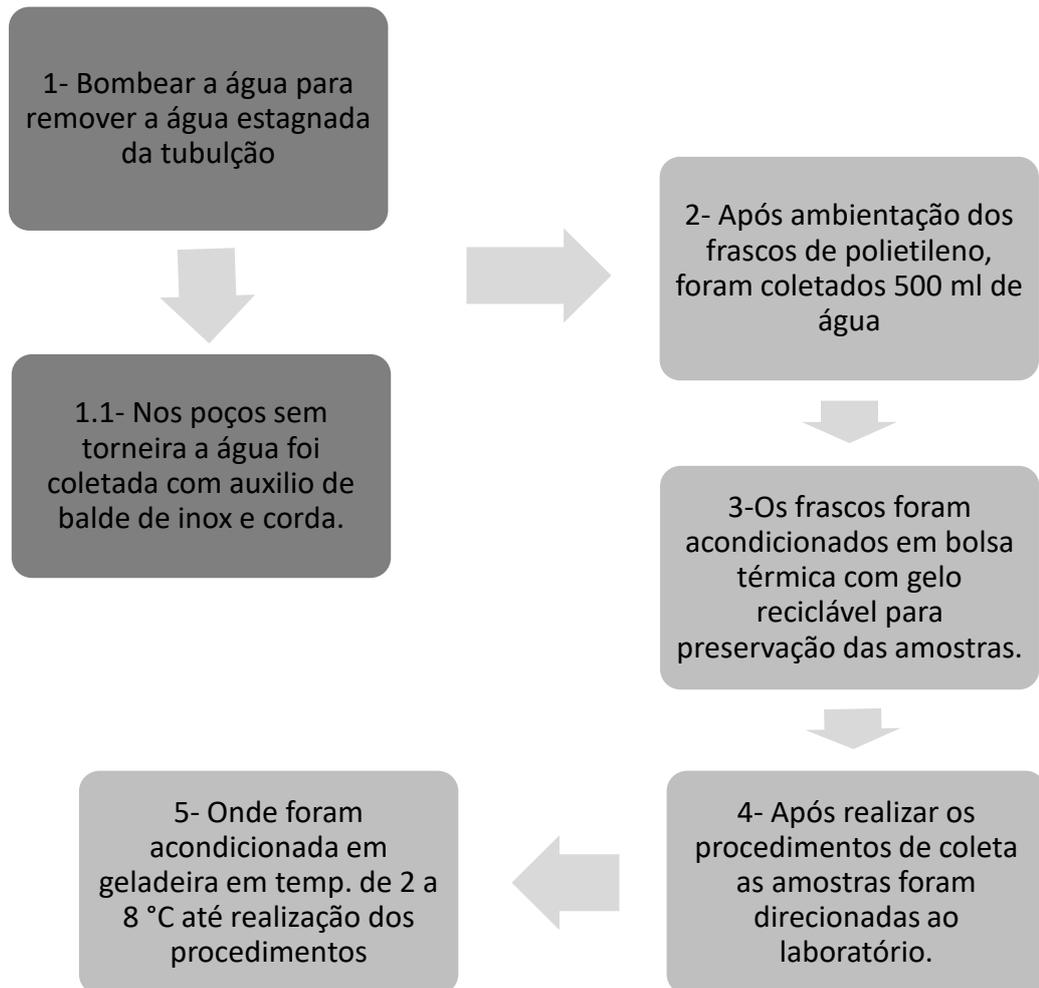
As coletas foram realizadas nos meses de agosto/2019 e setembro/2019 para abranger o período de seca e dezembro/2019 e janeiro/2020 para abranger o período de chuva. As amostras foram coletadas conforme procedimentos estabelecidos no Guia Nacional de coleta e preservação de amostra (CETESB, 2011) (Figura 7) e encaminhadas aos Laboratórios de Águas e Solos e de Biologia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), campus Sorocaba-SP.

Em poços com sistema de bombeamento a água do poço foi bombeada por tempo suficiente para eliminar a água estagnada na tubulação. A coleta foi realizada em uma torneira próxima da saída do poço.

Em poços sem torneira próxima ao poço ou junto a ele a coleta foi realizada com auxílio de balde de aço inox e corda, descendo o balde até que o mesmo afundasse na água evitando-se o contato com as paredes do poço e da corda com a água. Após enchimento o balde foi retirado com os mesmos cuidados.

Para realização dos testes microbiológicos as amostras foram coletadas em frascos previamente esterilizados.

Figura 7: Fluxograma do processo de coleta das amostras.



Fonte: Autoria própria.

4.3 ANÁLISE DAS AMOSTRAS

4.3.1 Análises físico-químicas das águas

A temperatura da água, o pH, a condutividade e o oxigênio dissolvido foram determinados “on site” utilizando-se os seguintes medidores portáteis após sua devida calibração: pHmetro WTW pH 315i, condutímetro WTW LF 330 com célula de condutividade TetraCon® 325 e oxímetro WTW Oxi 315i com sensor Cellox 325.

4.3.2 Cromatografia de Íons

Ânions e cátions foram determinados no laboratório da Universidade Estadual Paulista (Unesp) campus Sorocaba.

Para a análise dos cátions e ânions presentes nas amostras coletadas, foi utilizado o Cromatógrafo tipo 930 Compact IC Flex da Metrohm®, analisando em até dois dias depois da data de coleta.

Para a análise cromatográfica foi feito primeiramente o equilíbrio do equipamento e preparado o adequado eluente para interagir com as amostras e promover a separação dos componentes desejados. Também foi colocada a coluna de acordo com os tipos de íons que seriam analisados (cátions ou ânions). Foi utilizado 100ml de cada amostra coletada para ser feita a análise, quantidade essa separada em um tubo de ensaio em temperatura ambiente. Nos casos onde as concentrações se apresentaram acima do limite quantificável pelo equipamento, foram feitas diluições com água ultrapura, variando as proporções de acordo com cada caso. Cada leitura durou cerca de 20 a 25 minutos e os resultados foram dados pelo equipamento tanto em tabelas quanto em gráficos.

4.3.3 Alcalinidade

A alcalinidade foi determinada através de titulação de neutralização ácido/base, empregando ácido sulfúrico (H_2SO_4) 0,046 mol/L. Para determinação da alcalinidade foram utilizados os indicadores Fenolftaleína (indicador pH 8,3) e Metilorange, cuja faixa de pH de atuação varia de 3,1 a 4,6, acima de 3,1 apresenta coloração vermelha e abaixo de 3,1 assume a cor laranja.

Após homogeneizar a amostra foi pipetado 100mL de mesma e transferido para um bécker de 250mL. A bureta foi previamente preenchida com o ácido sulfúrico e foi iniciada a titulação. Foi adicionado a amostra 1 gota de Fenolftaleína. Para amostras que apresentaram reação foi iniciada a titulação até a viragem da coloração rosa para incolor, anotando em seguida o volume gasto na titulação (V1). Em seguida foi adicionado 3 gotas de metilorange e efetuada a titulação até a viragem da cor laranja para amarelo, sendo anotado em seguida o volume gasto na titulação (V2). A seguir foi realizado o cálculo usando as fórmulas:

Alcalinidade a fenolftaleína:

$$F \text{ (mgCaCO}_3\text{/L)} = \frac{V1 * \text{molaridade do H}_2\text{SO}_4 * 100000}{\text{Vol.Amostra}}$$

Onde, V1 = volume (mL) de ácido gasto na primeira titulação até a mudança da cor rosa para incolor.

Alcalinidade a metilorange:

$$\text{mgCaCO}_3\text{/L} = \frac{Vt * \text{molaridade do H}_2\text{SO}_4 * 100000}{\text{Vol.Amostra}}$$

Onde, Vt = volume (mL) de ácido gasto na titulação com o indicador metilorange.

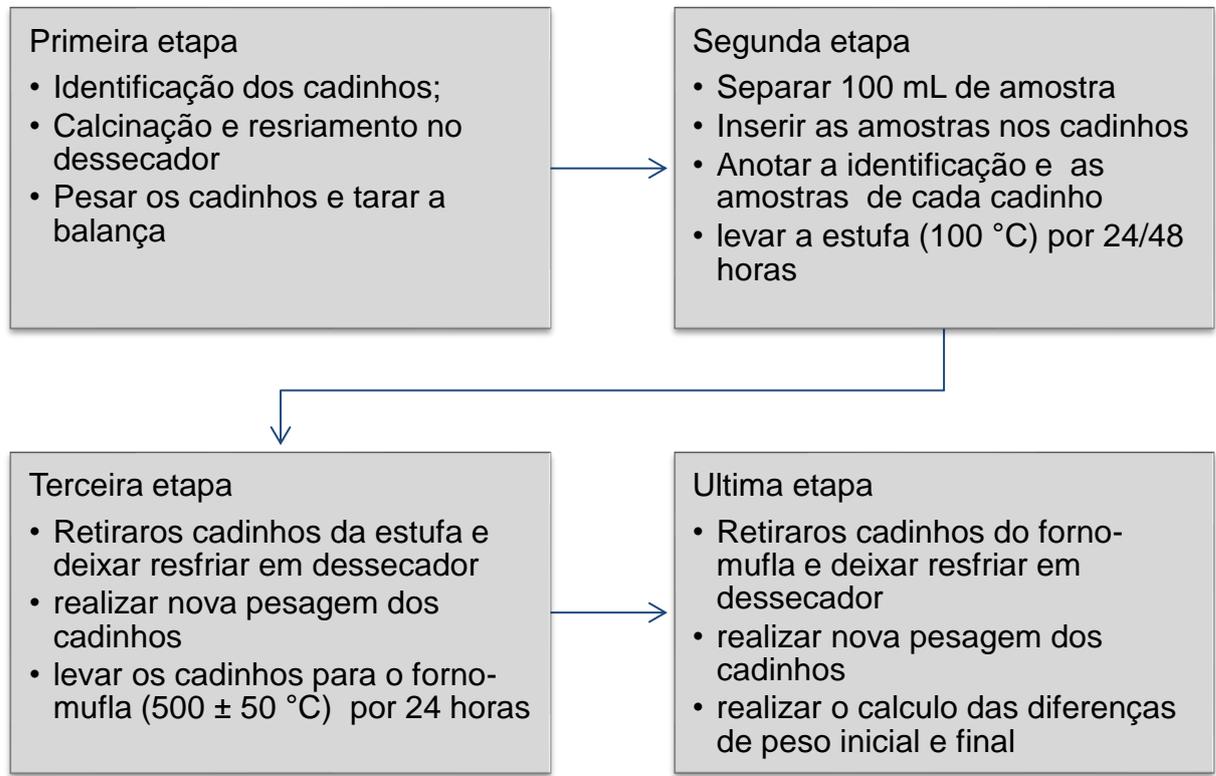
Alcalinidade total = Alcalinidade fenolftaleína + Alcalinidade metilorange

4.3.4 Resíduos Totais (Sólidos totais)

Para a determinação dos sólidos totais (Figura 8) foi realizado o procedimento de calcinação, estufa e forno-mufla (Figura 9) nas amostras seguindo rigorosamente a metodologia descrita a seguir:

- a) Os Cadinhos foram numerados, calcinados e colocados em dessecador para preparo das amostras;
- b) Foi adicionado em um cadinho (para cada amostra) previamente tarado e pesado, 100 mL da amostra, medidos em proveta;
- c) O cadinho foi levado à estufa (100 °C);
- d) Após 24h os cadinhos foram retirados da estufa e deixados em um dessecador para esfriar;
- e) Após a pesagem foi levado a forno-mufla (550 ± 50°C);
- f) Foi transferido o cadinho para o dessecador até esfriar a temperatura ambiente;
- g) Foi realizado nova pesagem dos cadinhos utilizados;
- h) A diferença entre o peso final e o inicial corresponde ao valor de Resíduo Total (sólidos totais) em mg.

Figura 8: Fluxograma da determinação de sólidos totais.



Fonte: Autoria própria

Figura 9: Determinação de Sólidos Totais.



Fonte: Autoria própria

4.3.5 Análises bacteriológicas

Para a determinação dos coliformes foi utilizado o teste Colilert (Figura 10).

Metodologia:

- a) Desinfecção da bancada com álcool 70%
- b) Utilização do bico de Bunsen para realização do procedimento na área de segurança ao seu redor;
- c) Em 100ml da amostra foi adicionado o reagente Colilert homogeneizando a solução em seguida;
- d) Despejou-se na cartela de leitura (Quanti-Tray®/2000 - contagem de 1 a 2419)
- e) Lacrou-se a cartela na seladora, que foi identificada e colocada em estufa por 24 h a uma temperatura de 35°C;
- f) Para amostras que excederam o limite de detecção do método, repetiu-se o procedimento realizando as diluições necessárias.

Diluições:

- a) Realizou-se as diluições em solução salina estéril 0,85%
- b) As duas primeiras diluições foram realizadas a partir da amostra bruta, partindo das proporções 1:10 e 1:100
- c) Diluições a partir de 1:1000 foram realizadas a partir de suas subseqüentes diluições, e foi realizada apenas em casos de amostras muito concentradas.

Figura 10: Análise bacteriológica a) Preraração das amostras com reagente Colilert.;

b) Amostras preparadas e lacradas.



Fonte: Acervo pessoal.

Leitura dos resultados:

A leitura foi realizada 24h após a incubação, onde as cavidades grandes e pequenas foram contadas levando em conta as seguintes características para posituação:

- Cavidades com coloração amarela = coliformes totais
- Cavidades amarelas apresentando fluorescência sob luz negra = E. coli

Consultou-se a tabela NMP para estimar a quantidade de coliformes.

Lembrando que a tabela NMP fornece o valor para 100mL, em casos de diluição o valor foi corrigido.

4.4 CLASSIFICAÇÃO DOS TIPOS DE POÇOS

Para classificação dos poços foi utilizada a nomenclatura proposta por Vasconcelos (2014) realizada através da síntese de estudos anteriores, que divide os poços em dois grupos, sendo poços escavados e tubulares e suas respectivas subdivisões (Tabela 3).

Tabela 3: Classificação dos poços segundo Vasconcelos (2014).

Classificação					
Poço	Características				
	Tipo	Aquífero	Bombeamento	Revestimento	
Cacimba	Escavado	superficial	necessário	ausente	
Cacimbão	Escavado	superficial	necessário	parcial	ou
				total	não
Artesiano jorrante	Tubular	confinado	necessário	total	
Artesiano não jorrante	Tubular	confinado	necessário	total	

Fonte: Vasconcelos, 2014

4.5 ANÁLISE DOS DADOS

Para análise dos dados foram realizadas comparações dos resultados obtidos com valores máximos permitidos (VMP) para cada padrão, estabelecidos pelas legislações: Resolução do CONAMA nº 357 de 2005, Resolução do CONAMA nº

396 de 2008 e a Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017, anexo XX.

Os resultados físico-químicos obtidos foram interpretados com auxílio do diagrama Piper, utilizando o software Qualigraf (Versão 1.1). Esse diagrama permite classificar as amostras de acordo com os íons dominantes. Essa classificação é baseada no ânion ou cátion cuja concentração, ultrapasse 50% de suas respectivas somatórias. Caso nenhum deles ultrapasse esse valor, a água é classificada segundo os ânions ou cátions mais abundantes. O posicionamento desses dados no diagrama é feito separadamente, transformando o valor de cada íon numa porcentagem do total de ânions e de cátions (PIPER 1944).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias dos parâmetros determinados pelo Cromatógrafo de Íons estão relacionadas abaixo (Tabela 4), assim como os valores máximos permitidos encontrados na legislação vigente.

As análises evidenciaram que os parâmetros químicos determinados apresentaram valores dentro dos limites estipulados pela portaria, com exceção do Nitrato no poço 4 no período chuvoso, que pode ser indicador da presença de efluentes descartados de maneira indevida ou contaminação pela utilização de fertilizantes. Próximo a esse poço observa-se um terreno para cultivo de figo e outras culturas. Além disso, há também uma fossa negra no terreno, o que pode estar causando a elevada quantidade de nitrato na água. Segundo Iritani et al. (2011) e Montanheiro (2014) o nitrato tem sido apontado como indicador de contaminação de origem antrópica, visto que, ainda não há na literatura a ocorrência de rochas fornecedoras de nitrato no Estado de São Paulo. A origem da contaminação pode ser diversificada, destacando-se a aplicação de fertilizantes e insumos nitrogenados, utilização de fossas negras, vazamentos das redes coletoras de esgoto e influência de rios contaminados na zona de captação de poços. Como os valores de Nitrato neste mesmo ponto apresentaram um valor inferior ao determinado pela legislação vigente no período de seca pode-se supor que o carreamento desse elemento tenha sido acentuado pela lixiviação do solo.

Tabela 4: Parâmetros químicos para os 4 poços amostrados.

mg L ⁻¹	V.M.P.*	Média de Chuva				Média de Seca			
	Mg/L	P 1	P 2	P 3	P 4	P 1	P 2	P 3	P 4
Sódio	200	48,71	36,59	0,30	5,61	35,86	34,12	4,31	3,76
DP**	-	0,14	16,56	0,08	0,22	15,88	15,65	4,09	4,17
Potássio	N/C	16,01	3,93	1,43	5,21	3,64	3,14	5,37	4,94
DP	-	0,06	3,94	0,10	1,34	0,75	0,74	4,21	0,90
Cálcio	N/C	26,22	23,22	3,35	1,25	26,10	19,03	2,66	1,53
DP	-	0,09	3,22	0,50	0,42	1,70	11,04	1,71	0,15
Magnésio	N/C	10,16	10,05	< LD	< LD	9,67	5,54	0,89	0,69
DP	-	0,02	0,36	-	-	0,48	7,30	0,59	0,80
Amônio		< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD	< LD
Lítio	N/C	< LD	< LD	< LD	< LD	0,01	0,11	0,04	0,10
DP	-	-	-	-	-	0,01	0,13	0,06	0,13
Fluoreto	1,5	1,04	0,68	0,15	0,16	1,03	0,67	0,34	0,15
DP		0,07	0,55	0,01	0,00	0,10	0,23	0,27	0,00
Cloreto	250	7,27	4,70	0,86	4,24	4,46	2,54	2,52	3,66
DP	-	3,55	4,20	0,32	0,63	0,92	1,15	1,46	0,27
Brometo	N/C	0,09	0,04	0,56	0,08	0,10	0,40	< LD	0,04
DP	-	0,01	0,06	0,79	0,00	0,02	0,51	-	0,06
Nitrato	10	0,11	0,09	1,62	20,37	0,14	0,56	0,72	8,08
DP	-	0,11	0,12	2,07	1,58	0,02	0,50	1,02	11,43
Sulfato	250	4,18	4,84	0,07	0,44	4,22	3,37	1,28	0,45
DP	-	0,01	0,98	0,09	0,07	0,05	1,77	1,40	0,08
Fosfato	N/C	< LD	< LD	< LD	0,17	0,17	0,04	0,06	0,05
DP	-	-	-	-	0,24	0,10	0,05	0,08	0,07

Fonte: Autoria própria. * VMP: Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017, anexo 20.

** DP: desvio padrão. < LD: inferior ao limite de detecção do método empregado.

O Lítio (Li) foi encontrado nos quatro poços amostrados em baixas concentrações apenas no período de seca, sendo provável que tenha sofrido uma diluição no período de chuva tornando-o indetectável pelo método. O que pode indicar que essas comunidades estejam dando o destino correto para seus resíduos sólidos, visto que, concentrações anômalas de Li podem ocorrer pela introdução direta por meio de descarte de pilhas e baterias juntamente com o lixo comum, ou indiretamente pela incorporação aos aquíferos de espécies químicas que promovam a solubilização de fases minerais que contenham este metal, tais como a matéria orgânica e a diminuição do pH do meio (PROCHNOW; PROCHNOW; LIBERMAN, 2009).

Baixos níveis de Fosfato também foram determinados apenas no período de seca. Um estudo realizado em 2012, pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS), constatou que aquíferos que apresentavam valores de pH tendendo a neutralidade, comportavam maiores níveis de Fosfato, corroborando com os valores de pH para os pontos 1 e 2 observados neste estudo, mas não para os pontos 3 e 4, podendo indicar fatores exógenos.

Os valores de Magnésio (Mg^{++}) apresentaram-se mais elevados para os poços 1 e 2. Guimarães et al. (2017) relacionou altos valores de Mg com valores mais elevados de condutividade, expressando uma correlação positiva, o que também pode ser observado neste estudo. Rocha (2008) observou resultados similares em poços tubulares, onde a condutividade elétrica mostrou uma correlação positiva com Sódio seguido por Magnésio.

Segundo Campos (2015) em água doce as concentrações de Brometo podem variar desde quantidades vestigiais até cerca de $0,5 \text{ mg L}^{-1}$, corroborando com os valores observados neste estudo nos quatro poços estudados.

Não foram observados valores detectáveis de Amônio neste estudo em nenhum dos poços estudados, apesar de alguns poços apresentarem valores de nitrato. Isso pode ser explicado pelo fato do amônio, normalmente, sofrer adsorção quase completa nos primeiros metros do solo (FERREIRA, 1999).

Os poços 1 e 2 apresentaram valores mais elevados de Cálcio e Magnésio do que os poços 3, e 4. Apesar da legislação vigente não contemplar valores máximos para estes elementos, de acordo com o WHO (2011), em altas concentrações

podem causar problemas como cálculos renais, no caso do cálcio e alterações no sistema normal do intestino, no caso do magnésio. Por outro lado, Tubek (2007), relata que se observa uma ocorrência de morte repentina por doenças cardíacas em locais que são abastecidas por águas com baixas concentrações dos íons cálcio e magnésio, visto que estes, são considerados protetores dessas doenças.

Nos quatro poços estudados foram encontrados valores de Fluoreto abaixo do valor máximo permitido estipulado pela legislação. Em águas subterrâneas, o fluoreto (F⁻) é a forma mais comum de ocorrência do flúor, podendo ser provenientes de rochas da crosta ou do manto (HYPOLITO, 2010).

A Resolução CONAMA 396/2008, determina valor máximo permitido de cloreto em 250 mg/L. Neste estudo foram encontrados valores bem inferiores. Os cloretos (Cl⁻) estão presentes em quase todas as águas e normalmente, estão associados ao sódio. Possui características como alta solubilidade, muito estável em solução e dificilmente se precipita. Em águas subterrâneas apresentam geralmente teores inferiores a 100 mg/L, sendo bons indicadores de poluição por lixão ou aterros sanitários (FEITOSA et al., 2008).

Valores inferiores ao estipulado pela legislação também foram encontrados para sulfato. É um componente importante na interpretação da qualidade da água, pois em grandes concentrações pode indicar contaminação por esgoto doméstico, industrial ou práticas agrícolas, podendo também ocorrer em grandes concentrações como resultado da oxidação de minerais contendo enxofre (MESTRINHO, 1997).

Altos valores de desvio padrão foram observados, principalmente no período chuvoso, para os parâmetros Sódio, Cálcio e Potássio, em especial no ponto 2. Conforme já mencionado, este ponto fica próximo a um viveiro de mudas existentes na Flona de Ipanema, podendo ser proveniente do processo de adubação.

Os parâmetros condutividade, pH, Oxigênio dissolvido e temperatura da água (Tabela 5) foram determinados "on site" em quatro amostras de cada ponto. Foram realizadas médias para cada parâmetro e apresentadas para os períodos de seca e chuva (Tabela 5). Os poços da Flona apresentaram condutividade entre 351 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 359 $\mu\text{S}/\text{cm}$., enquanto que os poços do assentamento apresentaram condutividade entre 29,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 67,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$. A legislação consultada neste trabalho não estabelece valores máximos para esse parâmetro, porém, segundo a CETESB

(2010) esse parâmetro pode variar dependendo da quantidade de sólidos dissolvidos na água, o que poderia explicar a alta variação entre os poços. Vidal (2002) afirma que os poços na região de Sorocaba, pertencentes ao sistema Aquífero Tubarão, apresentam condutividade elétrica inferior a 790 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Tabela 5: Parâmetros físico-químicos.

		Físico-químico							
Parâmetros	V.M.P.*	Média de Seca				Média de Chuva			
		P1	P 2	P 3	P 4	P1	P 2	P 3	P 4
Cond. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Não definido	378,5	351,0	33,0	67,2	399,0	377,5	29,8	64,0
pH	6,0 a 9,5	7,6	7,5	5,7	5,3	7,7	7,5	5,5	5,2
OD mg/L	Não definido	4,5	4,9	4,5	4,1	4,9	3,4	4,6	4,6
°C	Não definido	22,6	20,5	24,4	24,2	25,1	24,9	24,4	22,5

Fonte: autoria própria. * Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de setembro de 2017, anexo 20.

O pH das amostras ficou entre 5,2 e 7,7. A Portaria do Ministério da Saúde 2914/2011 estabelece valores de 6,0 a 9,5 como pH adequado para água potável. Os poços 3 e 4 apresentaram valores abaixo do VMP estabelecido pela legislação. O pH é importante na avaliação da qualidade da água e apesar de não oferecer riscos imediatos à saúde precisa ser monitorado para auxiliar os processos de tratamento, contribuindo contra a ocorrência de corrosões nas tubulações. (SPERLING, 2005). Segundo Pedrosa e Caetano (2002) o pH das águas subterrâneas, que varia entre 5,5 e 8,5, pode influenciar no equilíbrio geoquímico e na solubilidade de metais na água subterrânea. Valores inferiores a 5, podem facilitar a solubilização dos metais tornando essas águas mais tóxicas. Já em valores maiores, essas substâncias tendem a precipitar (MESTRINHO, 2006). A calagem (correção do pH) pode ser feita quando o pH está menor que 7 com a aplicação de calcário agrícola, sendo que a quantidade a ser aplicado no solo ou

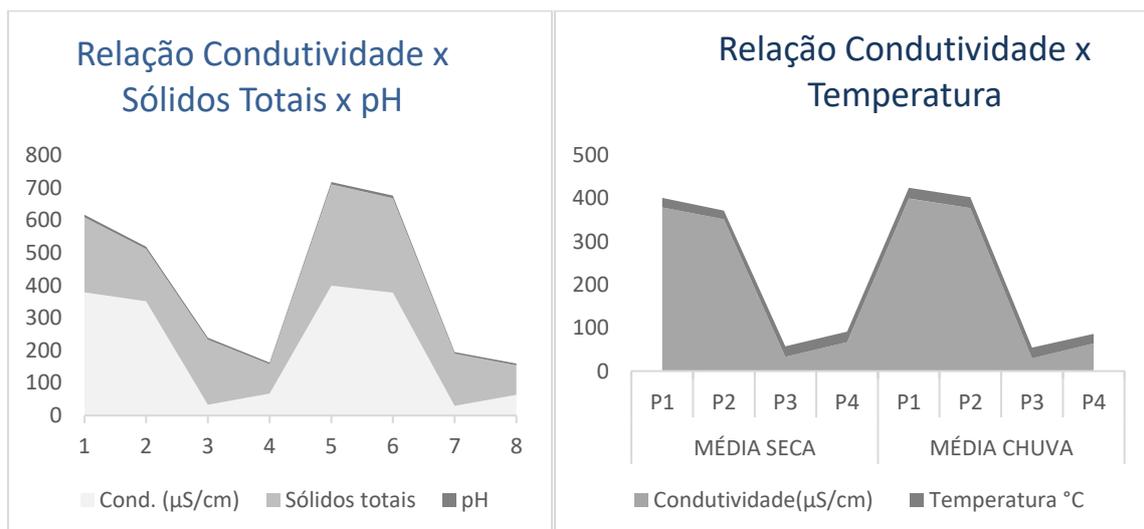
diretamente na água dependerá do pH do solo e/ou da alcalinidade da água (CORREA, 2018).

Os valores de oxigênio dissolvido variaram de 3,4 mg/L a 4,9 mg/L. Segundo Dourado et al. (2018) os valores normalmente encontrados em águas subterrâneas são de 0 a 5 mg/L. Em águas subterrâneas, valores baixos de oxigênio dissolvidos podem estar relacionados com a água que provém diretamente do aquífero (SOARES et al, 2008).

A temperatura da água ficou entre 20,5 °C a 25,1 °C, essa pequena variação na temperatura segundo a CETESB (2009) pode estar relacionada com a profundidade dos poços, o período do dia e estações do ano.

Os gráficos abaixo (Fig. 11) mostram a relação entre Condutividade, Sólidos totais, pH e Temperatura observadas neste estudo. Como há uma relação de proporcionalidade entre o teor de sais dissolvidos e a condutividade elétrica, pode-se estimar o teor de sais pela medida de condutividade de uma água em uma dada temperatura. Uma relação aproximada entre a condutividade e o teor de sólidos dissolvidos na água também pode ser observada (PEDROSA E CAETANO, 2002; PÁDUA, 2005). A condutividade também aumenta em relação à temperatura da amostra.

Figura 11: Relação Condutividade, Sólidos totais, pH, Temperatura nos pontos amostrados.



Fonte: Autoria própria.

A alcalinidade total apresentou valores de 19,74 mgCaCO₃/L a 228,42 mgCaCO₃/L (tabela 6). Vidal (2002) encontrou valores médios de 163,7 mgCaCO₃/L em estudos no aquífero Tubarão na porção central do estado.

Tabela 6: Alcalinidade e Sólidos totais nos pontos amostrais.

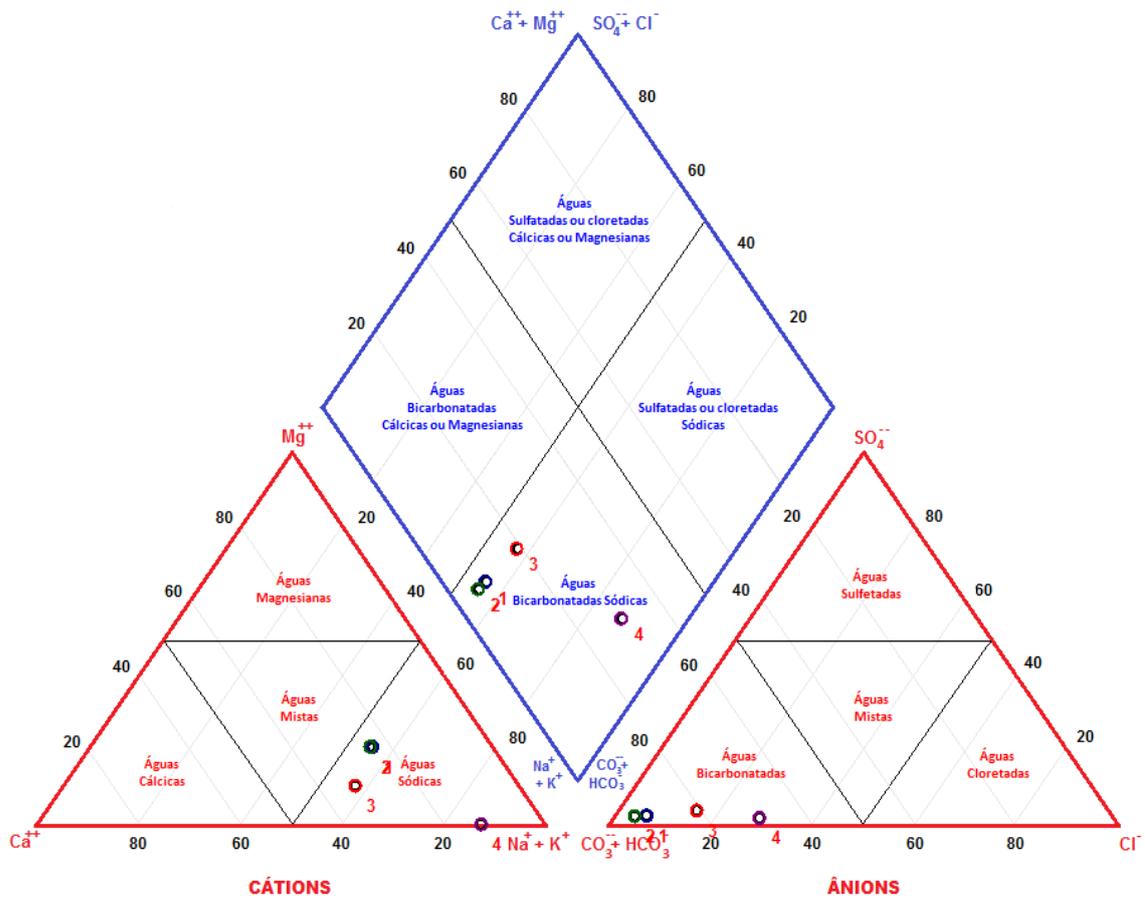
	Média de Seca				Média de Chuva			
	P1	P 2	P 3	P 4	P1	P 2	P 3	P 4
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ /L)	228,42	210,56	19,74	19,74	98,44	136,16	13,8	11,96
Sólidos Totais (mg L ⁻¹)	230	160	200	90	310	290	160	90

Fonte: autoria própria.

Os sólidos totais ficaram entre 90 e 310 mg L⁻¹ (tabela 6). A legislação não estipula valores para esse parâmetro, porém, um monitoramento da Cetesb realizado entre 2007 a 2009 verificou valores para o aquífero Tubarão na UGRHI 10 entre 143 e 628 mg L⁻¹.

O estudo dos componentes químicos com o auxílio do diagrama de Piper (Fig. 12) permitiu classificar as águas subterrâneas dos poços estudados como Bicarbonatadas Sódicas com maior concentração dos íons Sódio, seguidos de Potássio e Cálcio, porém, os valores de Sódio estão dentro do VMP estipulado pela legislação. Segundo o DAEE (1981, 1982) as águas do Aquífero Tubarão são classificadas como bicarbonatadas sódicas. Dados da CETESB (2010) também classificam as águas desse aquífero preponderantemente como bicarbonatadas sódicas para formação Itararé, secundariamente como sulfatadas sódicas e bicarbonatadas mistas para outras formações.

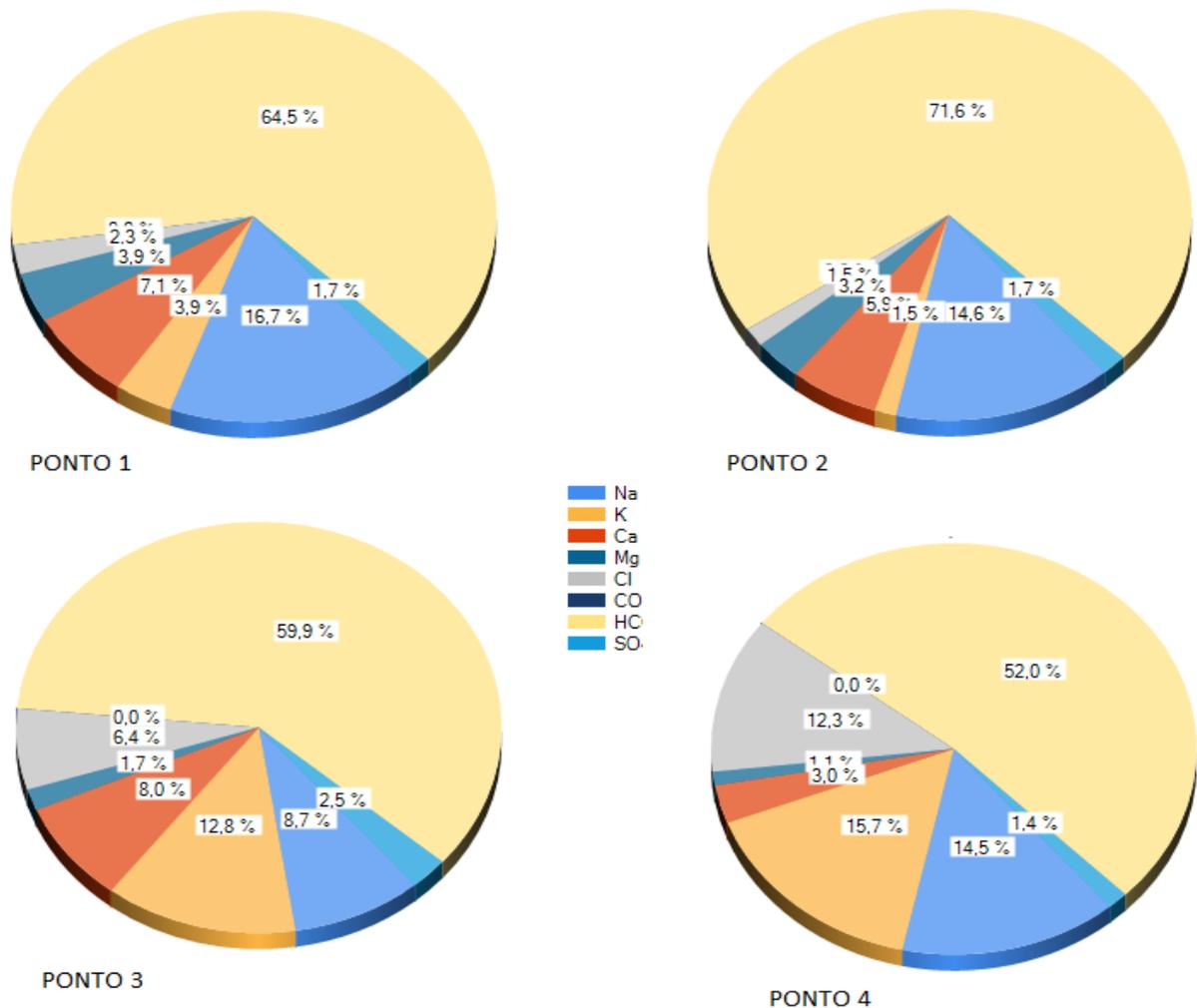
Figura 12: Classificação hidroquímica das águas dos poços estudados pelo Diagrama de Piper.



Fonte: Autoria própria.

Neste estudo o Sódio apresentou-se predominante nos poços 1 e 2 e o Potássio nos pontos 3 e 4 (Figura 13). Também as análises de Iritani et al (2011) no município de Itu, SP, revelaram que as águas são predominantemente bicarbonatadas e possuem maior concentração de sódio como íon dominante no Aquífero Tubarão. O monitoramento da CETESB (2007-2009) que possui um ponto na cidade de Iperó, SP encontrou valores de 14,3 mg L⁻¹ a 243 mg L⁻¹ para este aquífero (CETESB,2010), ficando os níveis de Sódio deste estudo entre 0,30 mg L⁻¹ a 48,71 mg L⁻¹.

Figura 13: Distribuição de íons nos poços estudados (% mg/L).



Fonte: Autoria própria.

As análises bacteriológicas apresentaram-se negativas para o poço 1. O poço 2 apresentou-se positivo apenas para coliformes totais, assim como o poço 3. Já o poço 4 apresentou análise positiva para coliformes totais e termotolerantes em ambas as campanhas (Tabela 7, figuras 14 e 15).

Existe uma ideia de que as águas subterrâneas possuem qualidade física, química e bacteriológica satisfatórias por serem naturalmente protegidas. Sabe-se, porém, que as ações humanas podem acarretar na sua contaminação (RODRIGUES, et al. 2019). A avaliação microbiológica da água é importante, pois pode conter uma variedade de microrganismos patogênicos, em sua maioria de origem fecal. (BETTEGA et al., 2006). Uma vez determinada a presença desses

microrganismos, o ideal é que a origem da contaminação seja determinada e, se possível, removida (BORTOLLI 2016).

Nas localidades que apresentaram amostras positivas para coliformes foram observadas a presença de animais próximos aos poços, como galinhas, cachorro, porcos, patos e gansos. E, apesar, de todos os poços estarem tampados no momento da coleta, no poço 3 observou-se a presença de inseto morto na superfície da água em uma das coletas.

O poço 4 apresentou resultados positivos para coliformes termotolerantes, e como já citado anteriormente, segundo a proprietária, existe uma fossa negra em seu terreno, localizada a 30 m da residência. De acordo com anexo I da portaria 2914/2011, a *Escherichia Coli* deve ser ausente em 100 ml de amostra, o que demonstra ser a mesma imprópria para o consumo.

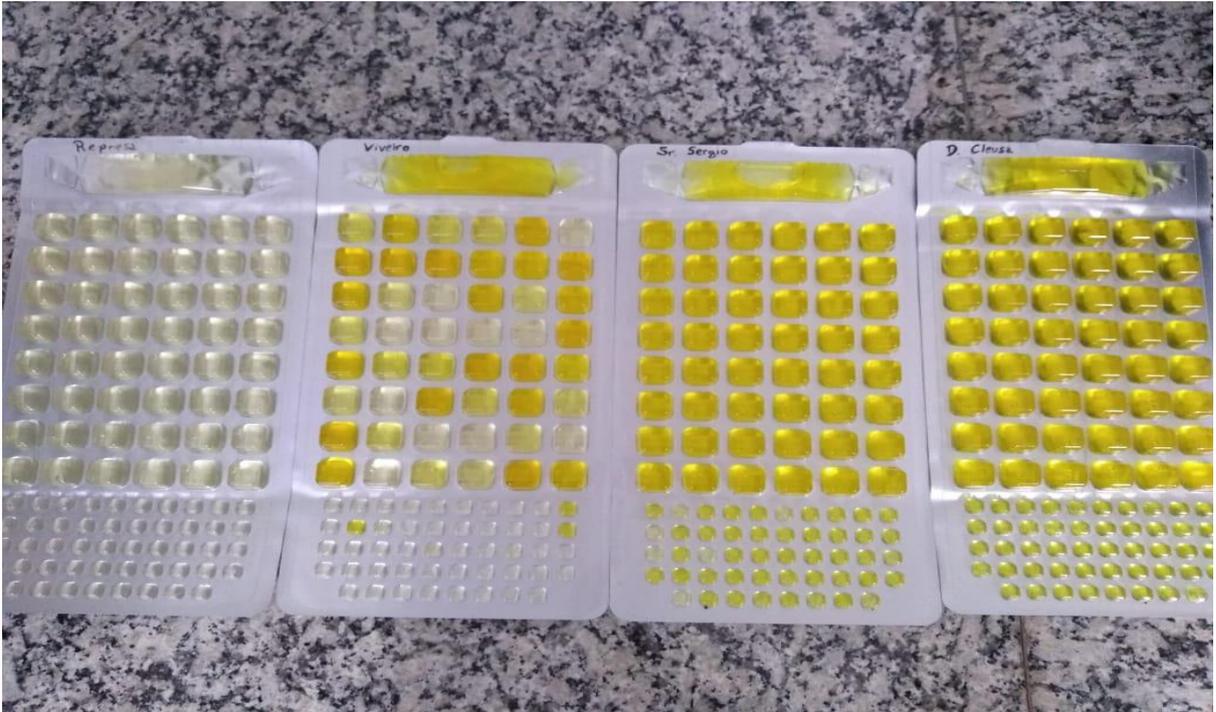
Nos poços localizados dentro da Flona de Ipanema as análises bacteriológicas apresentaram pouca ou nenhuma presença de coliformes totais e a presença apenas de animais domésticos ao se redor. Segundo moradores locais essa água é consumida por grande parte dos residentes na Unidade de Conservação.

Tabela 7: Coliformes totais e termotolerantes nos períodos de seca e chuva.

	Coliformes							
	Período de seca				Período de chuva			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
Totais (NMP)	<1	34,1	1299,7	>2419,6	<1	7	2419,6	365,4
Termo-tolerantes (NMP)	<1	<1	<1	3,1	<1	<1	<1	10

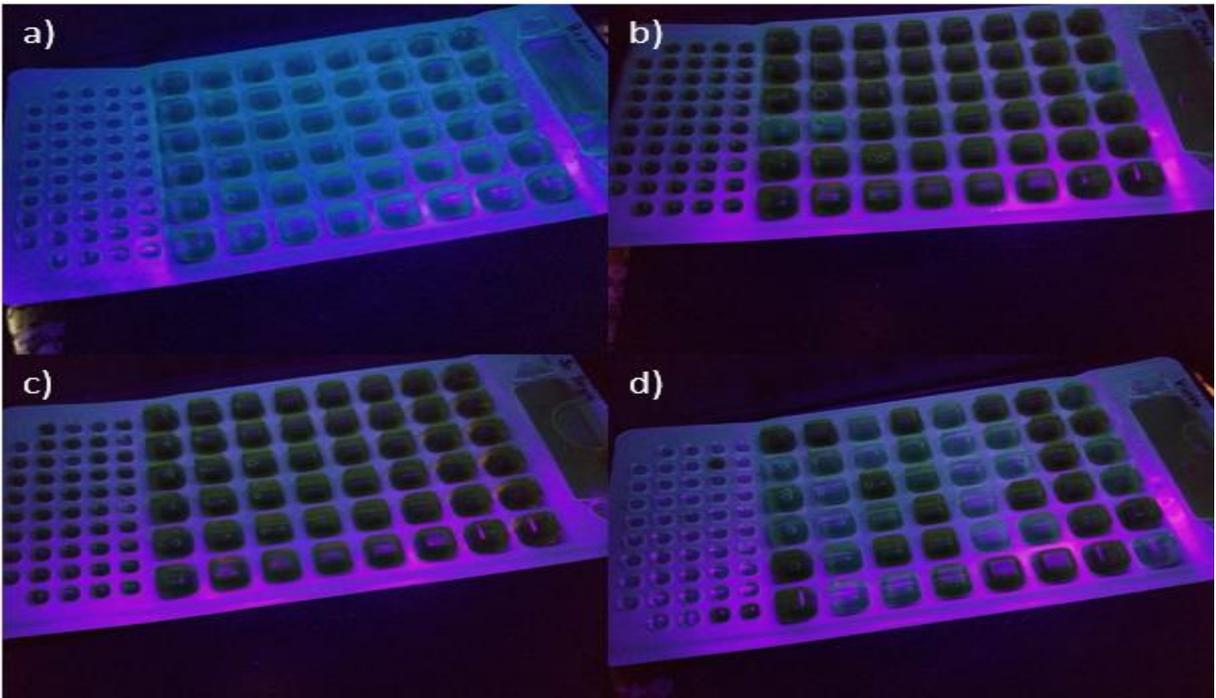
Fonte: Autoria própria.

Figura 14: Leitura de coliformes em amostras após 24 horas em estufa a 35°C.



Fonte: Autoria própria

Figura 15: Leitura das amostras sob luz negra, após 24 horas em estufa a 35°C.



Fonte: Autoria própria

O mapa de uso do solo da área de estudo realizado neste trabalho, mostra uma grande área de Floresta proveniente da Unidade de conservação. Porém, observam-se também, áreas bastante consideráveis de pastagem, silvicultura e agricultura. O que pode sinalizar a importância de se manter o monitoramento dessas águas, visto que, como a recarga no subsolo ocorre, geralmente, devido à infiltração da água de chuva, atividades realizadas neste solo podem ameaçar a qualidade dessas águas, através das atividades antrópicas ali realizadas (FOSTER, 2002).

Apesar de não abordar dados de precipitação é possível observar, neste estudo, que o regime de chuva em cada localidade parece influenciar os valores de algumas das substâncias químicas presentes nos poços amostrados, assim como valores de condutividade, alcalinidade, sólidos totais, coliformes e temperatura. Esteves (1998) e Silva et al. (2008) dizem que em regiões tropicais, os valores de condutividade nos ambientes aquáticos estão mais relacionados com as características geoquímicas e com as condições climáticas (estação de seca e de chuva) da região onde se localizam. Assim como neste trabalho, no estudo realizado por Marques et al. (2008), foi observado que as variações dos níveis de água provocados pela recarga têm reflexo nos valores de pH, condutividade elétrica e sólidos. Poços que possuem regimes de extração maiores e ininterruptos como os da Flona podem ter influências associadas a precipitação e recarga na composição da água subterrânea. Isso foi observado por Marion et al. (2007) que identificaram a existência de variações sazonais para os parâmetros de temperatura, sólidos totais dissolvidos, pH, oxigênio dissolvido e alcalinidade.

A nomenclatura atribuída aos poços foi determinada segundo classificação sugerida por Vasconcelos (2014), que utiliza as características dos poços como diâmetro, tipo de aquífero, necessidade de bombeamento e presença ou ausência de revestimento (Tabela 8) sendo os poços da Flona classificados como ‘artesiano jorrante’ e do assentamento “cacimba” e “cacimbão” (Tabela 9). Essa classificação pode ser importante para nortear melhorias que, porventura, se façam necessárias no futuro.

Tabela 8: Características dos poços amostrados

Características dos poços amostrados				
Ponto amostral	Diâmetro	Tipo de aquífero	Bombeamento	Revestimento
P1	-	Superficial	necessário	ausente
P2	-	Superficial	necessário	parcial ou total
P3	>0,5m <5m	Confinado	não necessário	total
P4	>0,5m <5m	Confinado	necessário	total

Fonte: Autoria própria.

Tabela 9: Classificação dos poços amostrados segundo Vasconcelos (2014)

Classificação segundo Vasconcelos (2014)	
Ponto amostral	Tipo de poço
P1	Artesiano não jorrante
P2	Artesiano não jorrante
P3	Cacimba
P4	Cacimbão

Fonte: Autoria própria.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo visou identificar a qualidade da água ofertada em quatro poços da Floresta Nacional de Ipanema e do assentamento rural que fica em sua zona de amortecimento.

Os resultados mostraram que as águas foram classificadas quimicamente como Bicarbonatadas Sódicas, em consonância com a classificação observada para o Aquífero Tubarão, de acordo com a literatura, apresentando predomínio do íon Sódio nos poços 1 e 2 e do Potássio nos poços 3 e 4.

As determinações de condutividade, oxigênio dissolvido e temperatura da água também ficaram compatíveis com valores encontrados para águas subterrâneas em estudos deste aquífero. Os valores de pH ficaram abaixo do estipulado para a legislação nos pontos 3 e 4. Ainda que os valores sejam comumente encontrados em águas subterrâneas é importante que seja realizados processos de calação para correção do pH ácido identificado afim de prevenir maiores problemas aos usuários desses poços.

Os valores de sólidos totais observados neste estudo ficaram dentro dos valores esperados para águas subterrâneas conforme outros estudos realizados no aquífero.

Percebeu-se, durante os estudos de campo, que não havia um consenso quanto à nomenclatura dos tipos de poços estudados. Este trabalho usando uma classificação proposta por Vasconcelos (2014) sugeriu classificá-los como artesiano não jorrante para os poços 1 e 2 e cacimba e cacimbão para os poços 3 e 4, respectivamente.

Os elementos químicos encontrados ficaram dentro dos valores máximos permitidos pela legislação, com exceção do poço 4 que apresentou valores de Nitrato e coliformes termo-tolerantes, preocupantes do ponto de vista sanitário. Sugere-se uma maior investigação do foco de contaminação deste poço para que possa ser elaborado um plano ação. As opções variam desde cloração da água, até a proteção do seu entorno e remoção da fossa negra.

É notório também que as substâncias químicas presentes na água bem como seus parâmetros físicos sofreram variação em suas concentrações nos períodos de seca e chuva.

Através das análises realizadas neste estudo é possível sugerir que a água dos poços presentes dentro da Flona apresenta boas condições para uso em geral. Porém, os poços estudados pertencentes aos assentados rurais necessitam de tratamento para que eventuais problemas sejam minimizados

Por fim, sugere-se manter o monitoramento, assim como trabalhos de orientação e educação ambiental junto à população, devido os usos do solo que essa região apresenta (pastagem e agricultura), pois a contaminação das águas subterrâneas nem sempre é visível e a identificação da fonte poluidora pode não ser tão simples, podendo tornar a ação mitigatória tardia.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYRES, R.S.; WEATCOT, D. W.; **A qualidade da água na Agricultura**. Tradução de H.R. Gheyi, J.F. de Medeiros, F.A.V. Damasceno. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p.

ANA. Atlas Brasil. Abastecimento Urbano de Água. Brasília: ANA, 2010. Disponível em: <http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/Home.aspx>. Acesso em 15 de Jan 2021.

ANA. Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: 2013. Brasília: ANA, 2013. Disponível em: http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2013_rel.pdf. Acesso em 15 de Jan. 2021.

ANGELIS, C. F.; Machado, L. A. T.; Waichaman, A. V. **Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus**. acta amazonica. vol. 38(4) 2008:

BAIRD, C. **Química Ambiental. 2. ed.** - Porto Alegre: Bookman, 2002.

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental. 4. ed.** Porto Alegre: Bookman, 2011.

BETTEGA, J.M.P.R.; MACHADO, M.R.; PRESIBELLA, M.; BANISKI, G.; BARBOSA, C.A. **Métodos analíticos no controle microbiológico da água para consumo humano**. Ciência e Agrotecnologia . Lavras, v. 30, n. 5, p. 950 954. 2006.

BRANCO, S. M **Água: origem, uso e preservação. 2. ed. ref .** São Paulo: Moderna, 2010.

BRASIL. **Portaria 518 de 25 de março de 2004**. Disponível em: http://www.aeap.org.br/doc/portaria_518_de_25_de_marco_2004.pdf> Acesso em: março, 2020.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Manual de Orientação para Cadastramento das Diversas Formas de Abastecimento de Água. 2007.** Disponível em: http://www.cvs.saude.sp.gov.br/up/manual_orientacao. Acesso em Jan. 2021.

BRASIL. **Portaria 2914 de dezembro de 2011.** Brasília, DF, 2011. 213p. Disponível em:
<http://site.sabesp.com.br/uploads/file/asabesp_doctos/kit_arsesp_portaria2914.pdf>
Acesso em junho. 2020.

BRASIL. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017. Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de Saúde do Sistema Único de Saúde.** Diário Oficial da União. 5 Set 2017.

BORTOLI, J. DE. **Qualidade físico-química e microbiológica da água utilizada para consumo humano e dessedentação animal em propriedades rurais produtoras de leite na região do Vale do Taquari/RS.** 2016, 152p. Dissertação de Mestrado.

CAGNI, G. S.; SOUZA, L. B. G., **análise microbiológica da água de poços cacimba da área rural do município de Itambé – PR,** VIII Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Científica, I Mostra Interna de Trabalhos de Iniciação Tecnológica e Inovação, outubro de 2016 Maringá – Paraná – Brasil.

CAMPOS, T. DE S.; ROHLFS, D.B. **Avaliação dos valores de nitrato em águas subterrâneas e sua correlação com atividades antrópicas no município de Águas Lindas de Goiás.** Goiânia. PUC, 2011

CAPUCCI, E.; MARTINS, A. M.; MANSUR, K. L.; MONSORES, A. L. M.; **Poços tubulares e outras captações de águas subterrâneas - orientação aos usuários.** Rio de Janeiro: SEMADS/SEINPE, 2001. ISBN 85-87206-11-7.

CARVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. **Relações da atividade agropecuária com parâmetros físicos químicos da água**. Química Nova. São Paulo, v. 23, n. 5, p. 618-622, 2000.

CASTRO, E. **Aspectos da relação cidade-campo: o assentamento Ipanema**. Anais do X Encontro de Geógrafos da América Latina – 20 a 26 de março de 2005 – Universidade de São Paulo

CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo**. São Paulo, 2009.

CETESB (São Paulo). **Relatório de qualidade das águas subterrâneas do estado de São Paulo: 2007-2009** [recurso eletrônico] / Equipe técnica Rosângela Pacini Modesto... [et al.]. São Paulo: CETESB, 2010. 258 p. Disponível em http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/aquiferos/2011/10/relatorio_de_qualidade_das_aguas_subterraneas.pdf. Acesso em 14 Jan. 2021.

CETESB - **Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão ... [et al.]**. -- São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

COLVARA, J. G. et al. **Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul**. Brazilian Journal of Food Technology, II SSA, 2009.

CORRÊA, ROSELANY DE OLIVEIRA. **Qualidade da água na piscicultura continental**. – Brasília, DF : Embrapa, 2018. PDF (32 p.) : il. Color

DAEE-UNESP, 1982. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:250.000**.

DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) 1981a. **Estudo de Águas Subterrâneas, Região Administrativa 5 (Campinas), SP.** São Paulo, SP. DAEE, 2v.

DAEE (Departamento de Águas e Energia Elétrica) 1981b. **Estudo de Águas Subterrâneas, Região Administrativa 4 (Sorocaba), SP.** São Paulo, SP. DAEE, 2v.

DOURADO, A. A. et al. **Qualidade físico-química e microbiológica da água em reservatórios subterrâneos na cidade de Vitória da Conquista-BA para fins de potabilidade.** Águas Subterrâneas - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2018.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Colombo, Paraná, 2011.

ESQUERDO. V. F. S.; BERGAMASCO. S. M. P. P. **Reforma agrária e assentamentos rurais: perspectivas e desafios.** Feagri, UNICAMP. Campinas, 2015

ESTEVES, F. A. **Fundamentos da limnologia.** 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011. 771p.

FERREIRA, L. M. R. A.; Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, Brasil, 1999.

FEITOSA, F. A. C.; FILHO, J. M.; FEITOSA, E. C.; e DEMETRIO, J. G. A. (Coordenadores). **Hidrogeologia: conceitos e aplicações.** Rio de Janeiro: CPRM - LABHID, 3 Ed, 812p, 2008.

FERNANDES, Edésio. **Desenvolvimento sustentável e política ambiental no Brasil: confrontando a questão urbana.** In: LIMA, André (org.). O direito para o Brasil socioambiental. Porto Alegre: Sergio Antonio Fabris Ed., 2002, pp. 351/370.

FOSTER, S.; Hirata, R.; Gomes, D.; D'edlia, M.; Paris, M.; **Groundwater Quality Protection: a guide for water utilities, municipal authorities, and environment agencies**, The World Bank: Washington, 2002.

GOETTEN, W. J. **Avaliação da Governança da Água Subterrânea nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.** Blumenau. 2015. 317f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Engenharia Ambiental, Fundação Universidade Regional de Blumenau.

GOVERNO FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Cartilha de águas subterrâneas.** 2019. Disponível em http://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/DRHI.pdf. Acesso em 15 de Jan.2021.

GUIMARAES. R. F. B. et al. Proporções de sais em águas superficiais e subterrâneas do município de Boa Vista, PB. Revista Espacios. p08. 2017.

GRUMICKER, M. G.; BATISTA-SILVA, V. F.; BAILLY D.; DA SILVA, A. F. G.; RUARO, R.; MORAES, A. R.; **Qualidade da água de poços artesianos em um assentamento do município de mundo novo, Mato Grosso do Sul**, Florianópolis, v. 7, n. 1, p. 807.

HIRATA, R. **Recursos hídricos.** In: **Decifrando a terra.** Wilson Texeira et al. (org.) 2. Reimpressão, São Paulo: Oficinas de textos, 2003. 568p.

HYPOLITO, Raphael; EZAKI, Sibebe; PEREZ-AGUILAR, Annabel. **Fluoreto nas águas subterrâneas dos aquíferos Tubarão e Cristalino, região de Salto-**

Indaiatuba (SP). Rem: Rev. Esc. Minas, Ouro Preto , v. 63, n. 4, p. 715-726, Dec. 2010.

HUMMERS, W. S. E OFFEMAN, R. E. **Preparation of Graphitic Oxide.** Journal of the American Chemical Society, vol. 80, n. 6, p. 1339-1339, 1958.

IBAMA, 2003. **Plano de Manejo: Floresta Nacional de Ipanema, Iperó. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. ICMBIO. Zona de Amortecimento da Floresta Nacional de Ipanema.**

IBAMA - **Plano Operativo de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais: Floresta Nacional de Ipanema, IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e de Recursos Naturais Renováveis, MMA -Ministério do Meio Ambiente, ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, PREVFOGO - Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais, Março/2008 Iperó – SP**

IBAMA, 2016. **Plano de Manejo: Floresta Nacional de Ipanema, Iperó. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. ICMBIO. Zona de Amortecimento da Floresta Nacional de Ipanema.**

IBAMA, 2017. **Plano de Manejo: Floresta Nacional de Ipanema, Iperó. Ministério do Meio Ambiente, Brasília. ICMBIO. Zona de Amortecimento da Floresta Nacional de Ipanema.**

IG/SMA – Instituto Geológico – 1993 – **Subsídios do meio físico-geológico ao planejamento do município de Campinas (SP).** Relatório Técnico IG, 3v.

ITESP – 1998. **Perfil Sócio econômico e balanço da produção agropecuária dos assentamentos do estado de São Paulo nº9.** São Paulo. 112p

IRITANI, M. A.; YOSHINAGA-PEREIRA, S.; EZAKI, S.; ODA, G.; FERREIRA, L. M. R. **Caracterização hidroquímica das águas subterrâneas no município de Itu (SP)**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 32 (1/2), 11-26, 2011.

MANASSÉS, F. **Caracterização hidroquímica da água subterrânea da formação serra geral na região sudoeste do estado do Paraná**. Dissertação de Mestrado. Curitiba, 2009.

MARION, F.A., Capoane, V. & Silvério da Silva, J.L.C. 2007. **Avaliação da qualidade da água subterrânea em poço no campus da UFSM, Santa Maria – RS**. Ciência e Natura, 19(1): 97- 109.

MARQUES, E.D., Tubbs, D. & Silva-Filho, E.V. 2008. **Influência das Variações do Nível Freático na Química da Água Subterrânea, Aquífero Piranema – Bacia de Sepetiba, RJ**. Geochimica Brasiliensis 22(3): 213-228

MATEUS, D. P. **Assentamentos urbanos sustentáveis: contribuições internacionais e nacionais pela busca do direito fundamental à moradia digna no município de Santos**. Tese (doutorado) - Universidade Católica, Programa de Pós-Graduação stricto sensu em Direito Ambiental Internacional, 2017.

MESTRINHO, S. S. P. **Geoquímica e Contaminação de Águas Subterrâneas**. In: Curso de Atualização. Convênio Associação Brasileira de Águas Subterrâneas – ABAS e Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM, Recife – PE, 1997.

MESTRINHO, S. S. P. in **Recursos Hídricos Conceptos Básicos y Estudios de casos en Iberoamérica**. 2ª. edição México 2006,

MONTANHEIRO F.; CHANG H. K.; GASTMANS D. **Estudo hidroquímico do sistema aquífero tubarão (SAT) no município de Americana, SP**. Revista do Instituto Geológico, São Paulo, 35 (1), 31-45, 2014.

MORAES JUNIOR C. A. **Água é agro?** Trabalho de conclusão de curso. Especialização em gerenciamento de recursos hídricos. UFMG, 2018

MOURÃO, M. A. A.; SOARES, A. G.; SIMÕES, E. J., M.; OLIVEIRA, E. S. ; BRITO, R. M. D. A.; BEATO, D. A. C.; VIANA, H. S. **Caracterização hidroquímica e avaliação de uso das águas subterrâneas na microrregião de Unaí, Bacia do São Francisco, NW de Minas Gerais - Brasil.** 1st Joint World Congress on Groundwater, 2000, Fortaleza.

NANES, P. L. M. F.; NANES, D. P.; FARIAS, S. E. M., **Qualidade das águas subterrâneas de poços tipo cacimba: um estudo de caso da comunidade nascença – Município de São Sebastião – AL.** III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Goiânia/GO – 19 a 22/11/2012.

NOBRE, A. G.; OLIVEIRA A. A.; TEGON, C. C.; CARRIÓ, J. A. G.; TERENCE, M. C., **Nanofiltro de óxido de grafeno para remediação de águas Subterrâneas contaminadas**, XX Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas, 2018.

NUNES, A.P. e t al **Qualidade da água subterrânea e percepção dos consumidores em propriedades rurais.** Revista Nucleus ., v.7, n. 2, out.

ODA, G.H. 1998. **Contribuição à Hidrogeologia da Região entre Salto de Pirapora e Itu (SP): Análise da Produtividade, Ocorrência e Circulação das Águas Subterrâneas dos Sistemas Aquíferos Tubarão e Cristalino.** São Paulo, 100p. (Dissertação de Mestrado, IG/USP).

PEDROSA, Célio A. e CAETANO, Francisco A. **Águas Subterrâneas. Agência Nacional das Águas-ANA, Superintendência de Informações Hidrológicas-SIH,** Brasília, 2002.

PERROTTA, M. M. et al. **Mapa Geológico do Estado de São Paulo, escala 1:750.000**. São Paulo: CPRM, 2005. (Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil).

PINTO, F. R. et al. **Características da água de consumo animal na área rural da microbacia do córrego rico, Jaboticabal, SP**. *Ars Veterinaria*, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p.153-159, ago. 2010.

PIPER, A.M. 1944. **A graphic procedure in the geochemical interpretation of water analyses**. *American Geophysical Union Transactions*, 25: 914-923.

PIVELI, R. P. **Qualidade da Água**. Apostila do Curso de Especialização em Engenharia em Saúde Pública e Ambiental da Fac. Saúde Pública USP, 1996.

PIVELLI, R. P.; KATO, M. T. **Qualidade das águas e poluição: aspectos físico-químicos**. São Paulo: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005. 285 p.

PROCHNOW, T.R.; PROCHNOW, E.A.; LIBERMAN, B. (2009). **Efeitos antrópicos sobre concentrações de metais alcalinos na região da microbacia do Arroio Araçá, Canoas, Rio Grande do Sul**. *Química Nova*, v. 32, n. 7, p. 1782-1786.

ROCHA, T. S. **Avaliação da qualidade das águas dos poços tubulares da bacia do Rio do Peixe equipados com dessalinizadores, com vistas ao aproveitamento econômico dos sais de rejeito**. Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. 2008.

RODRIGUEZ L.F., et al. **Mapeamento e estudo da potabilidade de água de fontes alternativas localizadas em dois Distritos da Zona da Mata Mineira – MG**.

ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrâneas) - Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas, 2019.

ROSS, J.L.S.; MOROZ, I.C. 1997. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo: escala 1:500 000**. FFLCH-USP / IPT / FAPESP, São Paulo, v. 1, 64 p.O

SÃO PAULO (Estado). **Mapa de águas subterrâneas do Estado de São Paulo: escala 1:1.000.000 : nota explicativa / [coordenação geral Gerôncio Rocha]**. – São Paulo: DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica: IG - Instituto Geológico: IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, 2005.

SATAKE, F.M., ASSUNÇÃO, A. W. A., LOPES, L.G., AMARAL, L. A. **Qualidade da água em propriedades rurais situadas na bacia hidrográfica do córrego rico, Jaboticabal. SP. São Paulo**, Ars Veterinaria, v. 28, n. 1, p. 48 55, 2012.

SEEG/OC (Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima). MapBiomass. Disponível em <https://mapbiomas.org/>. Acesso em 12 de Jan.2020.

SILVA, P. A. J.G., LIMA, S., Golin, R., FIGUEIREDO, D., LIMA, Z., MORAIS, E., & DORES, E. **Qualidade da água de uma microbacia com fins de abastecimento público, Chapada dos Guimarães, MT**. HOLOS, v 4. 2014.

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.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e Tratamento de Esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

TELLES, D D'A; COSTA, R. H. P. G. (Coord.). In **Reuso da água: conceitos, teorias e práticas**. 1ª. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2007.

TORTORA, G. J. ; FUNKE,B.R.,CASE,C.L., **Microbiologia**, 6º ed, Artmed, 2002, 827p.

TUBEK, S. Role of trace elements in primary arterial hypertension. *Biological Trace Element Research, Online*, v. 114, n.1-3, p.1-5, 2007.

USA, 2012. United States Geological Survey (USGS). **Phosphorus and groundwater: Establishing links between agricultural use and transport to streams**, 2012.

VASCONCELOS, M. B. **Poços para captação de águas subterrâneas: revisão de conceitos e proposta de nomenclatura**. XVIII Congresso Brasileiro de águas subterrâneas, 2014.

VESILIND, P. A.; MORGAN, S. M. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

VIDAL, A. C. – 2002 – **Estudo Hidrogeológico do Aquífero Tubarão na Área de Afloramento da Porção Central do Estado de São Paulo**. IGCE/UNESP, Rio Claro SP. 109 p. (Tese de Doutorado).

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 4ª ed. Belo Horizonte: UFMG, 2014. 472p.

WHO - World Health Organization. **Fluoride in Drinking-water. World Health Organization titles with IWA Publishing.** Printed by TJ International (Ltd), Padstow, Cornwall, UK. 2006, 144p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. Hardness in Drinking-Water: Background document for development of WHO: Guidelines for Drinking-Water Quality Geneva, 2011. Disponível em: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/hardness.pdf. Acesso em Jan. 2021.

ZAABA, N. I.; FOO, K. L.; HASHIM, U.; TAN, S. J.; LIU, W. W.; VOON, C. H. **Synthesis of Graphene Oxide using Modified Hummers Method: Solvent Influence.** Procedia Engineering, vol. 184, p. 469 -477, 2017.