

2019-02-28

# Avaliação da potabilidade de água bruta no município de Bandeirantes-PR

Zamboni, Silvia Aparecida Schmith

Universidade Estadual do Norte do Paraná

---

ZAMBONI, Silvia Aparecida Schmith. Avaliação da potabilidade de água bruta no município de Bandeirantes-PR. Orientador: Petrônio Pinheiro Porto. 2019. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Campus Luiz Meneghel, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Bandeirantes, 2019.

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/499>

*Baixado de Repositório Institucional UENP*



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE DO PARANÁ  
CAMPUS LUIZ MENEGHEL  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**SILVIA APARECIDA SCHMITH ZAMBONI**

**AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DA ÁGUA BRUTA NO MUNICÍPIO  
DE BANDEIRANTES-PR**

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL  
2019**

SILVIA APARECIDA SCHMITH ZAMBONI

**AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DA ÁGUA BRUTA NO MUNICÍPIO  
DE BANDEIRANTES-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado  
em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte  
do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel.

Orientador: Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto

**BANDEIRANTES, PR, BRASIL  
2019**

**Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do  
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP**

Z24a      Zamboni, Silvia Aparecida Schmith  
Avaliação da Potabilidade da Água Bruta no  
Município de Bandeirantes - PR / Silvia Aparecida  
Schmith Zamboni; orientador Petrônio Pinheiro Porto -  
Bandeirantes, 2019.

70 p. :il.

Agronomia) - Universidade Estadual do Norte do  
Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós  
Graduação em Agronomia, 2019.

1. pH. 2. oxigênio dissolvido. 3. agrotóxicos. 4.  
saúde pública. I. Porto, Petrônio Pinheiro, orient.  
II. Título.

SILVIA APARECIDA SCHMITH ZAMBONI

**AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DE ÁGUA BRUTA NO MUNICÍPIO  
DE BANDEIRANTES-PR**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Mestrado em Agronomia, da Universidade  
Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz  
Meneghel.

Aprovada em: 28/02/2019

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Mariza Fordelone Rosa da Cruz	UENP
Prof. Dr. Mateus Marrafon Nicolosi	UNOPAR
Profa. Dra. Cristina Batista de Lima	UENP
Profa. Dra. Karina Aline Alves	UNOPAR

---

Prof. Dr. Petrônio Pinheiro Porto  
Orientador  
Universidade Estadual do Norte do Paraná,  
*Campus* Luiz Meneghel

## AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho não teria sido possível sem a colaboração, estímulo e empenho de diversas pessoas. Gostaria de expressar toda a minha gratidão a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta tarefa se tornasse uma realidade. A todos quero manifestar os meus sinceros agradecimentos.

Em primeiro lugar à Deus, por me proporcionar essa oportunidade de realizar um sonho de cursar e concluir o mestrado.

Depois ao meu esposo, Eduardo, por estar comigo, apoiando, torcendo e auxiliando nas minhas dificuldades, assim como minha mãe por sempre torcer para que tudo desse certo.

Agradeço ao meu orientador, Petrônio Pinheiro Porto, por me auxiliar e orientar nessa caminhada.

À direção do SAAE, por me oferecer condições e informações para o desenvolvimento da pesquisa, assim como a secretária de Saúde da Prefeitura Municipal de Bandeirantes que permitiu a liberação para os meus estudos.

À Luciana Guimarães, e Walber Toma, por me incentivarem e apoiarem na busca do sonho de realizar o mestrado.

Aos meus amigos e familiares que me apoiaram e auxiliaram nesta caminhada.

A todos obrigada por permitirem que esta dissertação seja uma realidade.

ZAMBONI, Silvia Aparecida Schmith. **Avaliação da Potabilidade da Água Bruta no Município de Bandeirantes-PR**. 2019. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus Luiz Meneghel*, Bandeirantes, 2019.

## RESUMO

Mesmo que nosso planeta seja repleto de água, a porção potável é muito pequena em comparação a todo volume de água existente, além de uma distribuição irregular entre a população, e sofrer cada vez mais degradação pelo homem, devido a industrialização, agricultura, por exemplo. Vários parâmetros são analisados para que isso se cumpra, e baseando-se nisso, este trabalho analisou parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da estação de tratamento (ETA) do município de Bandeirantes – PR nos seus seis pontos de captação (Rio das Cinzas - RC; quatro pontos do Aquífero Guarani – AG1; 2; 3 e 4; e Poço Artesiano Sertãozinho - PAS), comparando entre as estações do ano em três anos consecutivos. Foram avaliados pH, turbidez, matéria orgânica, cor, bactérias heterotróficas, coliformes totais e fecais. Os resultados demonstraram, por exemplo, que o ponto RC apresentou pH próximo a neutralidade, enquanto no ponto PAS teve intervalo de 6,9 a 8,0 e nos aquíferos valores com pH mais elevados entre 8,0 e 9,6, isto é, também mais elevados em comparação ao ponto RC. Já a alcalinidade se apresentou mais elevada nos aquíferos com intervalos de 75-163 mg/mlCaCO<sub>3</sub> entre eles, e o PAS variou de 109-130 mg/ml CaCO<sub>3</sub> em comparação ao RC, que teve valores inferiores de 46-55 mg/L CaCO<sub>3</sub> o que se relaciona ao pH mais elevado, a alta alcalinidade dos aquíferos. Da mesma maneira, o oxigênio dissolvido com valores no ponto RC, obteve valores mais elevados que variaram de 5,45-16,2 mg/ml, enquanto nos aquíferos AG1;AG2;AG3 e AG4 obteve valores menores com intervalos entre 0,56-8,50 mg/ml, e PAS variou de 4,39-14,9 mg/ml, devido a profundidade e altas temperaturas desses locais. Somado a isso, os dados de análise de agrotóxicos na água demonstraram-se satisfatórios perante a legislação. Conclui-se com este estudo que o ponto RC necessita de um tratamento mais complexo para sua utilização destinada ao consumo da população do município em questão.

**Palavras-chave:** pH; oxigênio dissolvido; agrotóxicos; saúde pública

ZAMBONI, Silvia Aparecida Schmith. **Evaluation of Potable Water in the Municipality of Bandeirantes-PR**. 2018. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual do Norte do Paraná, *Campus* Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2019.

## ABSTRACT

Even if our planet is filled with water, the potable portion is very small in comparison to all existing water, besides an irregular distribution among the population, and suffer more and more degradation by man, due to industrialization, agriculture, for example. Several parameters are analyzed for this to be accomplished, and based on this, this work analyzed the physical, chemical and microbiological parameters of the treatment plant (TSA) of the municipality of Bandeirantes - PR at its six catchment points (Rio das Cinzas - RC, four points of the Guarani Aquifer - AG1, 2, 3 and 4 and Poço Artesiano Sertãozinho - PAS), comparing the seasons of the year in three consecutive years. pH, turbidity, organic matter, color, heterotrophic bacteria, total and fecal coliforms were evaluated. The results demonstrated, for example, that the RC point presented pH close to neutrality, while in the PAS point it had a range of 6.9 to 8.0 and in the aquifers values with higher pH between 8.0 and 9.6, that is, also higher in comparison to the RC point. Alkalinity was higher in the aquifers with intervals of 75-163 mg / ml CaCO<sub>3</sub> between them, and PAS ranged from 109-130 mg / ml CaCO<sub>3</sub> compared to RC, which had values of 46-55 mg / l CaCO<sub>3</sub> which is related to the higher pH, the high alkalinity of the aquifers. In the same way, dissolved oxygen with values at the RC point obtained higher values ranging from 5.45-16.2 mg / ml, while in aquifers AG1, AG2, AG3 and AG4 obtained smaller values with intervals between 0.56 -8.50 mg / ml, and PAS ranged from 4.39 - 14.9 mg / ml, due to the depth and high temperatures of these sites. In addition, data from the analysis of pesticides in water proved to be satisfactory under the legislation. It is concluded with this study that the RC point needs a more complex treatment for its use destined to the consumption of the population of the municipality in question.

**Keywords:** pH; dissolved oxygen; pesticides; public health

## SUMÁRIO

### Capítulo 1

<b>SIGLAS</b> .....	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1 ÁGUA</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS</b> .....	<b>14</b>
<b>2.3 AQUÍFERO GUARANI</b> .....	<b>17</b>
<b>2.4 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS</b> .....	<b>20</b>
<b>2.5 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DO USO DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA</b> .....	<b>23</b>
<b>2.5.1 DOENÇAS RELACIONADAS A ÁGUA</b> .....	<b>24</b>
<b>2.6 POTABILIDADE DA ÁGUA</b> .....	<b>25</b>
<b>2.7 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA</b> .....	<b>26</b>
<b>2.8 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO</b> .....	<b>29</b>
<b>2.9 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE POTABILIDADE:</b> .....	<b>31</b>
<b>4 DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA ÁGUA</b> .....	<b>35</b>
<b>REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS</b> .....	<b>39</b>

### Capítulo 2

<b>ARTIGO – AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DA ÁGUA BRUTA DO MUNICÍPIO DE BANDERANTES-PR</b> .....	<b>46</b>
<b>1. RESUMO</b> .....	<b>46</b>
<b>2. ABSTRACT</b> .....	<b>47</b>
<b>3. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>48</b>
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>49</b>
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>51</b>

**4 CONCLUSÕES.....62**  
**5 REFERÊNCIAS .....63**

## SIGLAS

AG1: Aquífero 1

AG2: Aquífero 2

AG3: Aquífero 3

AG4: Aquífero 4

ANA: Agência Nacional de Águas

ANVISA: Agência Nacional de Vigilância Sanitária

APHA: American Public Health Association

AWWA: American Water Works Association

DTA: Doenças de transmissão hídrica

ETA: Estação de tratamento de água

ISO: International Standardization Organization

ml: mililitro

MO: Matéria Orgânica

MS: Ministério da Saúde

OC: Oxigênio consumido

OD: oxigênio dissolvido

OMS: Organização Mundial de Saúde

ONU: Organização das Nações Unidas

PAS: Poço Artesiano da Nossa Senhora da Candelária - Sertãozinho

RC: Rio das Cinzas

SAC: Soluções alternativas coletivas

SAI: Solução alternativa individual

SISAGUA: Sistema de Informação de Vigilância Sanitária da Qualidade da água para consumo humano

UFC: Unidades Formadoras de Colônia

uH: unidade Hazen

USEPA: United States Environmental Protection Agency

UV: Radiação UV

VIGIAGUA; Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da água para consumo humano

VMP: Valor Máximo Permitido

WEF: Water Environment Federation

## 1 INTRODUÇÃO

Considerada o fluido mais importante para o ser humano, a água, é indispensável à vida, atuando na manutenção da saúde e qualidade de vida. Por essa importância tem surgido preocupações devido a ameaça de sua disponibilidade, devido ao seu uso exagerado, principalmente na falta de organização das cidades, com conseqüente aumento de consumo, causando grandes desperdícios e poluição das águas superficiais e subterrâneas (VON SPERLING, 1996; AZIZULLAH et al., 2011).

O homem sempre foi dependente da água, buscando áreas que oferecesse suprimento de água e abandonando a área quando este recurso se esgotava ou tornava-se impróprio para o consumo (MACHADO, 2005).

A quantidade de água no planeta é a mesma desde a sua formação, no entanto já quantidade de reservatórios e sua qualidade mudaram ao longo dos anos. O responsável por manter o volume constante é o ciclo hidrológico, devolvendo aos continentes, mares, rios, lagos entre outros mananciais. a água condensada após ter sido evaporada do continente. A quantidade de toda água presente no planeta, 97,5% é salgada, sendo representada pelos oceanos e mares. Os 2,5% restantes são de água doce, sendo 68,9% na forma sólida (gelo e calota polares) e 31,1% na forma líquida. Já o manancial subterrâneo corresponde a 96% da água líquida (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

Em relação ao mundo, o Brasil é responsável por 12% do potencial hídrico, já em relação a América do Sul representa 53%. Apesar dessa abundância, a distribuição não é uniforme, já que a região Amazônica detém 68% dos recursos hídricos superficiais em quase metade do território nacional, mas é ocupada apenas por 4,5% da população brasileira, enquanto o semi-árido nordestino tem 3,4% da área, e 12,7% da população e apenas 0,5% de água (PEIXINHO, 2004).

Com essa distribuição desigual de água doce superficial no Brasil, como no mundo, além do impacto causado na qualidade das águas superficiais, consequência da contaminação pelas atividades antrópicas ou pelo elevado consumo de produtos agrícolas, têm-se utilizado as águas subterrâneas como uma alternativa para o abastecimento de água. A água subterrânea é considerada toda água abaixo da superfície do solo (SOUZA, 2009).

A água subterrânea geralmente é menos contaminada que a superficial, pois se encontra protegida da contaminação da superfície, proveniente dos solos e da cobertura rochosa. Mas, como sua utilização vem crescendo constantemente, e os problemas da contaminação de origem antrópica (fossas sépticas, esgotos doméstico e industrial, vazamentos em postos de gasolina,

lixões, cemitérios, agrotóxicos, agroquímicos, poços profundos mal instalados ou abandonados) também crescem, tem levado a questionamentos da qualidade do referido manancial hídrico (ABAS, 2004).

Diante de tamanha importância da água com qualidade, os aspectos físicos, químicos e microbiológicos são fatores essenciais para a manutenção da saúde, pois o tratamento ou gerenciamento inadequado pode vir a ocasionar riscos à saúde do consumidor. Por isso, é necessário estar atento aos fatores que podem interferir negativamente na qualidade da água para consumo humano, animal ou vegetal, assim como trazer prejuízo à qualidade da água no seu destino final e no seu consumo (WALDMAN et al., 1997; BRASIL, 2006; 2014b).

No Brasil, os teores máximos de impurezas na água para consumo humano foram definidos pelo Ministério da Saúde (MS), através da Consolidação nº5 (Origem: PRT MS/GM nº 2914 de 12 de dezembro de 2011), que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade (BRASIL, 2017). Quando não há informações referentes aos grupos químicos existentes na água, buscam-se valores limitantes em legislações internacionais como, por exemplo, os da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos e da União Europeia (LOURENÇATO, 2010).

Portanto, deve-se ter certos cuidados com a água, pois pode conter elementos químicos, microrganismos e as mais variadas substâncias, necessitando haver tratamento adequado para eliminação destes para que não haja interferência negativa na saúde humana. Pela ação do homem, além dos mananciais superficiais, os subterrâneos também têm sido afetados, deteriorando sua qualidade e acarretando sérios problemas de saúde pública em localidades onde o saneamento não é adequado (LARSEN, 2010).

Baseado nisso, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a potabilidade da água bruta utilizada no município de Bandeirantes – PR, a qual é destinada para consumo humano e é proveniente de ponto de captação do rio da Cinzas, quatro poços do Aquífero Guarani e um poço artesiano no Distrito Nossa Senhora da Candelária ‘Sertãozinho’, além de analisar os resíduos de agrotóxicos presentes na água clorada, dos respectivos pontos referentes aos de captação de água bruta.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 ÁGUA

A água é fundamental à vida devendo ser disponibilizada de forma potável a todos e traz grandes benefícios para a saúde, principalmente aos grupos populacionais mais suscetíveis às doenças veiculadas pela água como, lactantes e crianças jovens, pessoas debilitadas e idosos vivendo em condições desfavoráveis. A Consolidação nº 5/2017 estabelecem que a água para ser considerada potável, os seus parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos devem atender ao padrão de potabilidade e não ofereça riscos à saúde (BRASIL, 2017).

Define-se a potabilidade de uma água por meio de um conjunto de parâmetros e padrões de aceitabilidade que são preconizados por normas e legislações sanitárias considerando-se os requisitos que podem oferecer riscos à saúde humana (VIANA et al., 2007). Essa água deve oferecer parâmetros biológicos, físicos, químicos e organolépticos ou sensoriais que estejam em concordância com os padrões de potabilidade (BRASIL, 2017).

Este recurso natural é importante a todos os organismos que habitam a Terra, sendo um solvente universal e um veículo para a troca de substâncias e de regulação da temperatura, correspondendo a aproximadamente a 70% de massa corpórea dos seres humanos. Dentre seus usos citam-se: na produção de alimentos, na indústria farmacêutica, na higiene, na produção de energia elétrica, na limpeza das cidades, na construção de obras, no combate a incêndios e na irrigação de jardins, entre outros (VON SPERLING, 1996; WHO, 2011; BRASIL, 2014a).

O próprio crescimento demográfico, tem afetado os recursos hídricos, que têm se tornado o destino final de diversos tipos de poluentes devido à deterioração sistemática de sua qualidade e de sua potabilidade natural (SILVA et al., 2009; KATSUMITI et al., 2013). A disponibilidade de água potável segura e saudável para todos é um dos desafios para os governantes e o meio científico em todo o mundo, já que a potabilidade da água é pré-requisito para a saúde e meios de subsistência (BRASIL, 2011).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2015) relata que a escassez de água afeta mais de 40% da população mundial, uma porcentagem que alcançará os 2/3 em 2050. Um fato preocupante é que nos últimos 50 anos as reservas de água doce no mundo tiveram uma redução de aproximadamente 62%, estimando-se que em 25 anos, 2,8 bilhões de pessoas no planeta estarão em regiões de seca crônica (ONU, 2010).

O Brasil possui cerca de 12% de toda a água doce do planeta, que estão distribuídas entre as bacias do São Francisco, do Paraná e a Amazônica (a mais extensa do mundo com 60% no Brasil). Isso caracteriza o país por ter um enorme potencial hídrico, disponibilizando uma quantidade por pessoa 19 vezes superior ao mínimo estabelecido pela Organização das Nações Unidas (ONU), cujo valor é expresso em 1.700 m<sup>3</sup>/s por habitante, por ano. Porém, o consumo per capita dobrou nos últimos 20 anos e sua disponibilidade per capita é 3 vezes menor do que em 1950 (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

## 2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS

A formação da água subterrânea é resultado da infiltração proveniente do escoamento superficial das águas das chuvas, da alimentação direta dos rios e lagos e do derretimento da neve (COLLISCHON, 2008), estando presente nos poros das rochas permeáveis (ígnea, sedimentar e metamórfica) (BORGHETTI, 2004).

A água subterrânea é muito importante para o equilíbrio da dinâmica da infiltração e escoamento da água, e vem servindo a anos como reservatórios para futuras demandas e implicações por uma iminente falta de água. O manancial subterrâneo é uma das mais importantes reservas para o suprimento de água e na maioria das vezes não necessitando de tratamento para o seu consumo, devido ao processo de filtragem natural do subsolo (SILVA et al, 2017). Para Soldera e Oliveira (2017) os recursos hídricos subterrâneos requerem especial atenção dos órgãos ambientais e dos gestores públicos, pois são grandes reservatórios naturais de água do planeta e grande parte dos recursos hídricos superficiais são provenientes deste.

De acordo com Gleeson et al. (2015), são 23.000.000 km<sup>3</sup> de água subterrânea em nosso planeta, mas são meros 350.000.000 m<sup>3</sup> que conseguem se renovar em menos de 50 anos. Os mananciais não estão livres dos impactos negativos da atividade antrópica, biológica ou natural entre rocha e água que afetam diretamente a qualidade da água (SILVA P, BARBOSA e SILVA A, 2018).

Mesmo toda água situada abaixo da superfície da terra seja evidentemente subterrânea, segundo a hidrogeologia a denominação água subterrânea é atribuída apenas à água que circula na zona saturada, isto é, na zona situada abaixo da superfície freática (REBOUÇAS, apud SOUZA, 2009). Estima-se que no Brasil as reservas de água subterrâneas ficam em torno de 92.168 km<sup>3</sup> (SILVA, 2011).

As águas subterrâneas são componentes importantes do processo natural de reciclagem, o ciclo hidrológico. Esta água se infiltra no subsolo ficando presente nos espaços intergranulares dos solos ou nas fraturas das rochas. Quando a água infiltra no solo, avança vertical e horizontalmente por gravidade através dos poros conectados entre si por meio de pequenos canais onde é armazenada, circulando muito lentamente (FEITOSA; MANOEL-FILHO, 2000).

De acordo com Rebouças et al. (2002), as águas subterrâneas estão distribuídas da seguinte forma: 65.000km<sup>3</sup> constituindo umidade do solo; 4,2 milhões de km<sup>3</sup> até 750 m de profundidade e; 5,3 milhões de km<sup>3</sup> de 750m até 4.000 m de profundidade, constituindo o manancial subterrâneo.

A contaminação da água subterrânea geralmente é irreversível, sendo preferível sua proteção para garantir a utilização futura para os diversos fins. Devido aos fatores como disponibilidade limitada, deterioração progressiva da qualidade, aumento da demanda e a reposição limitada, a proteção da qualidade da água subterrânea torna-se um importante elemento de estudo e estratégia em todo o mundo. Existem vários autores que relatam a contaminação da água subterrânea em detrimento das diversas formas de uso e ocupação do solo (HEGDE; PURANIK, 1990; HELENA et al., 2000; CHAE et al., 2004; DAS et al., 2010).

Em geral, a qualidade dessa água sofre influências de vários processos naturais e artificiais. Dentre os processos naturais, destacam-se: litologia, velocidade do aquífero, qualidade da recarga, interação com solos e rochas, interação com outros tipos de aquíferos, entre outros (HUNTINGTON, 2006) e, dentre os processos artificiais, estão: agricultura, indústria, desenvolvimento urbano e aumento da exploração (HELENA et al., 2000; JEONG, 2001; OKI; KANAE, 2006).

Além disso, a água subterrânea tende a aumentar a concentração de substâncias dissolvidas à medida que percola os diferentes aquíferos. Essa água, ao lixiviar os solos e as rochas, enriquece-se de certos sais minerais em solução, provenientes da dissolução dos seus minerais constituintes. Essas reações são favorecidas pelas pressões e temperatura a que estão submetidas e facilidades de dissolver CO<sub>2</sub> ao percolar o solo não saturado. Por isso, encontra-se nas águas subterrâneas concentrações de sais geralmente superiores às das águas superficiais (FEITOSA; MANOEL-FILHO, 2000).

A exploração das águas subterrâneas está sujeita à obtenção de outorga de uso de recursos hídricos perante o órgão competente (art. 12). Por meio desse instrumento, o Poder Público atribui ao interessado, público ou privado, o direito de utilizar o recurso hídrico por um período pré-determinado e segundo as condições estabelecidas (ANA, 2015). No caso de usos isentos de outorga (art. 12, § 1º da Lei 9.433/1997), de forma geral, a legislação estadual exige

que o proprietário cadastre seu poço no órgão competente, o qual certifica o uso isento (SILVA et al, 2008).

A infiltração no solo, devido à precipitação de água sobre a superfície geram as águas subterrâneas, que são armazenadas no interior das rochas e do solo. Caso haja falha de distribuição de outras fontes, as águas subterrâneas podem ser consideradas um recurso estratégico (SILVA, 2007).

A água superficial é definida como a parcela de água armazenada ou fluindo sobre a superfície, que está continuamente interagindo com a atmosfera e com o solo, dependendo de uma série de fatores, como climáticos, topográficos, cobertura vegetal além das propriedades hidráulicas do solo, pode ter sua ocorrência distribuída espacialmente ou temporariamente, como por exemplo, em rios ou lagos (CHOW et al., 1988; KOLLET; MAXWELL, 2006).

As águas superficiais, provenientes de rios, lagos e albufeiras, estão disponíveis em maior quantidade, no entanto têm índices de qualidade mais baixos devido à contaminação a que estão sujeitas, necessitando assim geralmente, de mais processos de tratamento em relação às águas subterrâneas (Paixão, 1999; Li et al, 2016). As águas mais utilizadas para consumo são as superficiais. Cerca de 14% das águas superficiais apresentam uma qualidade indesejável classificada como “Má” ou “Muito Má” e cerca 77,8% apresentam uma qualidade da água aceitável, no entanto desse valor, apenas 36,1% é referente a “Excelente” ou “Boa”, sendo a maior percentagem relativa a uma qualidade da água “Razoável” com 41,7%.( INE, 2012).

De acordo com Silva (2007), as águas superficiais são águas que escoam ou são armazenadas na superfície terrestre, com a contribuição de precipitação, recarga de aquíferos ou escoamento de corpos de água superficial. É a fonte mais fácil de captação humana, representando uma importante reserva de água, porém em questão de distribuição global representa uma pequena parcela.

## 2.3 AQUÍFERO GUARANI



Fonte: google

O Aquífero Guarani é um dos maiores mananciais de água doce do mundo, abrangendo uma superfície de praticamente 1,2 milhões de km<sup>2</sup>, localizando-se na Bacia Geológica Sedimentar do Paraná, que abrange os países: Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, formando assim a principal reserva de água subterrânea da América do Sul, atingindo um volume estimado de 46 mil km<sup>3</sup>. Aproximadamente 29,9 milhões de habitantes residem na área de abrangência deste aquífero. Nas áreas de afloramento, a população residente é de cerca de 3,7 milhões de pessoas, 12,5 % do total (BORGHETTI et al., 2004).

De acordo com o relatório do Ministério do Meio Ambiente (2007), a forma como as rochas armazenam e transmitem a água subterrânea influencia diretamente na qualidade. Considerando-se a formação geológica, os aquíferos, corpos hidrogeológicos com capacidade de acumular e transmitir água através dos poros, fissuras ou espaços resultantes da dissolução e carreamento de materiais rochosos, podem ser:

- Granulares (porosos): funcionam como esponjas onde os espaços são deixados durante a formação das rochas sedimentares (conglomerados, arenitos, siltitos, argilitos, pelitos, folhelhos, sedimentos calcários, lentes, entre outros) são ocupados por água. São considerados os melhores armazenadores de água (como Aquífero Guarani e São Sebastião-BA).
- Fraturados ou fissurais: águas armazenadas nas fissuras resultantes do fraturamento das rochas ígneas (granitos, basaltos, diabásio e piroclásticas ou metamórficas) e metamórficas (metassedimentos, metacalcários, mármore, gnaisses, xistos, milonitos) que são menos permeáveis.
- Cársticos (condutos): formados em rochas carbonáticas, (sedimentares, ígneas ou metamórficas), sendo um tipo peculiar de aquífero fraturado, onde as fraturas, devido à

dissolução do carbonato pela água, podem atingir aberturas muito grandes, criando, neste caso, verdadeiros rios subterrâneos.

Os aquíferos também são classificados como livres, mais próximos a superfícies, ou confinados, que se encontram entre duas camadas parcialmente impermeáveis (SILVA; ARAÚJO, 2003).

De acordo com Borghetti et al. (2004) os aquíferos quanto à superfície superior podem ser classificados em livre e confinados:

**Aquífero livre ou freático:** é aquele que está submetido à pressão atmosférica, seu limite superior é a superfície freática, na qual todos os pontos se encontram à pressão atmosférica. Geralmente nos aquíferos livres a área de recarga é toda a área do aquífero. Possui uma formação geológica permeável e superficial, totalmente aflorante em toda sua extensão, e limitado na base por uma camada impermeável.

A superfície superior da zona saturada está em equilíbrio com a pressão atmosférica, com a qual se comunica livremente. Nos aquíferos livres a superfície livre do lençol não é estacionária, está se movendo periodicamente para cima quando a zona de saturação recebe mais água de infiltração vertical e para baixo, nos períodos de estiagem, quando a água armazenada previamente flui para as nascentes, cursos d'água, poços e outros pontos de descarga da água subterrânea. São os aquíferos mais comuns e mais explorados pela população. Também, são os que apresentam maiores problemas de contaminação.

**Aquífero confinado ou artesiano:** é aquele no qual a pressão no topo é maior do que a pressão atmosférica. Possui uma formação geológica permeável, confinada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. A pressão da água no topo da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, o que faz com que a água ascenda no poço para além da zona aquífera.

O seu reabastecimento ou recarga dá-se através das chuvas, preferencialmente nos locais onde a formação aflora à superfície. Neles o nível da água encontra-se sobre pressão, podendo causar artesianismo nos poços que captam suas águas.

Os aquíferos confinados têm a chamada recarga indireta e quase sempre estão em locais onde ocorrem rochas sedimentares profundas (bacias sedimentares). Em perfuração de um aquífero confinado, a água subirá devido à pressão exercida pelo peso das camadas confinantes subjacentes. A altura a que a água sobe chama-se nível potenciométrico e o furo é artesiano.

Um aquífero apresenta uma reserva permanente de água e uma reserva ativa ou reguladora de água que são continuamente abastecidas através da infiltração da chuva e de outras fontes de águas subterrâneas. As reservas reguladoras ou ativas correspondem ao

escoamento de base dos rios, sendo que a área por onde ocorre o abastecimento do aquífero é chamada zona de recarga, que pode ser direta ou indireta. O escoamento da parte da água do aquífero ocorre na zona de descarga.

Na zona de recarga, a infiltração das águas da chuva ocorre diretamente no aquífero, através de suas áreas de afloramento e fendas de rochas sobrejacentes. Sendo assim, a recarga sempre é direta nos aquíferos livres, ocorrendo em toda a superfície acima do lençol freático. Nos aquíferos confinados, o reabastecimento ocorre preferencialmente nos locais onde a formação portadora de água aflora à superfície. Já na zona de recarga indireta o abastecimento do aquífero se dá a partir da drenagem (filtração vertical) superficial das águas e do fluxo subterrâneo indireto, ao longo do pacote confinante sobrejacente, nas áreas onde a carga potenciométrica favorece os fluxos descendentes. Há condições que favorecem a recarga do aquífero, como o relevo, sendo que as maiores taxas de recarga ocorrem nas regiões planas, bem arborizadas e nos aquíferos livres. Por outro lado, nas regiões de relevo acidentado, desprovidas de cobertura vegetal e sujeitas a práticas de uso e ocupação que favorecem a erosão, a recarga ocorre mais lentamente e de maneira limitada. Já a zona de descarga é aquela por onde as águas emergem do sistema, alimentando rios, nesse caso trata-se de um processo natural. Também pode ser explorada através de bombas nos aquíferos livres e jorrando com pressão por poços artesianos, nesses casos, devemos considerar que não se tratam de processo natural (REBOUÇAS et al., 2006).

A recarga dos aquíferos depende do fator pluviométrico e do equilíbrio entre a infiltração, escoamento e evaporação. Com isso, a topografia da área, os aspectos edáficos e a situação da cobertura vegetal têm papel fundamental na recarga dos aquíferos. As áreas de recarga diretas que são importantes para a manutenção da qualidade e quantidade das águas subterrâneas, geralmente estão localizadas em altos topográficos como morros, serras, e afloramentos de rochas sedimentares (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

A recarga dos aquíferos livres ocorre por toda superfície, já no aquífero confinado a recarga ocorre nas áreas de afloramento (áreas onde a rocha “aparece” na superfície). No entanto, o movimento das águas subterrâneas através dos poros das rochas e/ou do solo geralmente é muito baixo, da ordem de cm/dia. Essa movimentação depende das características do terreno, quanto mais poroso o terreno, maior a permeabilidade do solo e a velocidade da água subterrânea (PRESS et al. 2006).

A vegetação existente nas áreas de recarga de aquífero facilita a infiltração da água e, juntamente com o solo, possibilita a filtração parcial de impurezas que possam existir nesta água em processo de infiltração (MOTA, 1995). Isso se deve ao fato da vegetação interferir

como facilitadora na infiltração em períodos de chuvas, determinando a diminuição do escoamento superficial (PRADO, 2005), ou seja, a vegetação acarreta um adequado ajustamento em termos de fluxo de água superficial e subterrânea. As matas ciliares também funcionam como filtros, retendo agrotóxicos, agroquímicos, poluentes e sedimentos que seriam transportados para os cursos d'água (QUINTAS;STOLF; CASAGRANDE, 2007).

Além disso, a qualidade da água existente nas drenagens superficiais pode também interferir na qualidade das águas subterrâneas, pois estas, em alguns casos, são mantidas pelo abastecimento dos cursos d'água superficiais. Assim, a existência de áreas de preservação permanente, de unidades de conservação e áreas verdes em centros urbanos contribuem no processo de infiltração da água. Essa vegetação tem a capacidade de retenção de poluentes e facilita a infiltração da água para que o ciclo hidrológico se regularize, permitindo o processamento de água para os mananciais subterrâneos (TUNDISI, 2005).

## **2.4 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS E SUPERFICIAIS**

Toda água corre riscos ou a possibilidade de ser poluída e contaminada, se não houver os cuidados necessários. Nas grandes cidades, o crescimento da utilização das águas subterrâneas tende a ser maior devido à carência e/ou à degradação das fontes superficiais, mais expostas a contaminações e à exploração. Caso as sociedades não se preocupem com o princípio da prevenção, nossos recursos hídricos estarão sob riscos (BORGHETTI et al., 2004).

As águas superficiais (rios, lagoas, lagos, etc.) são mais vulneráveis à contaminação devido a fácil exposição, aliada à falta de conscientização da sociedade. As águas subterrâneas também correm sérios riscos de contaminação pela ação humana, principalmente nas áreas mais vulneráveis dos aquíferos. O Aquífero Guarani, constituído por arenitos relativamente permeáveis devido à sua origem fundamentalmente eólica, apresenta na sua zona de recarga a maior vulnerabilidade à contaminação (BORGHETTI et al., 2004).

São vários os fatores que colocam em risco as águas do Guarani, sendo o principal deles é a falta de controle e fiscalização por parte do governo em suas várias instâncias - federal, estadual e municipal -, que fazem vista grossa asobre perfurações de poços, tanto rasos quanto profundos. Muitos deles são abandonados sem a devida orientação e tecnologia, e em geral simplesmente abandonados. Tornando necessária a orientação junto à população, para que todos os poços abandonados, que atinjam ou não o Aquífero Guarani, sejam convenientemente selados para evitar a entrada direta de águas poluídas; e que os poços em uso sejam corretamente

vedados para evitar a entrada de água contaminada no espaço anelar existente entre o revestimento dos poços e as paredes da perfuração (BORGHETTI et al., 2004).

Outras causas para a contaminação das águas subterrâneas são aquelas causadas diretamente pela ação do homem. Ao contrário das águas superficiais, as águas subterrâneas têm uma proteção natural (os tipos de rocha) e estão relativamente mais protegidas dos agentes de contaminação, o que não significa que estejam imunes. Os maiores riscos a que os aquíferos estão expostos vão desde a ocupação inadequada das áreas de recargas, que permitem a passagem da água e dos contaminantes para o interior dos aquíferos até a superexploração e exploração dos limites de produção das reservas reguladoras, ou seja, a retirada de água além da capacidade de reabastecimento do aquífero (BORGHETTI et al., 2004).

Podem ainda ocorrer, a contaminação por as fossas sépticas; a infiltração de afluentes industriais; as fugas das redes de esgotos e galerias de águas pluviais; os aterros sanitários e lixões; o uso indevido de fertilizantes nitrogenados; os agrotóxicos e pesticidas; a contaminação pela atividade da suinocultura e por atividades minerárias; a poluição por metais pesados, como arsênio, nitrato e radioatividade; contaminação por atividades bélicas; por depósitos de lixo nas proximidades dos poços mal construídos ou abandonados; por cemitérios, quando instalados em regiões geológicas desfavoráveis; por postos de combustíveis que utilizam tanques de ferro enterrados no subsolo e, com o passar do tempo, sofrem com a corrosão, o que pode provocar vazamentos, perfurações ( BORGHETTI et al., 2004).

A passagem da água entre os poros do solo possibilita que a água passe por um processo natural de depuração que pode muitas vezes dispensado tratamento prévio para o consumo humano. Sendo os microrganismos presentes na água eliminados durante a infiltração no solo devido a baixa concentração de oxigênio e nutrientes (SILVA; ARAUJO, 2003). O volume de recarga do aquífero, o tamanho das partículas do solo, a temperatura, o pH, as formas antagônicas da microflora do solo, o conteúdo de matéria orgânica e a retenção e a pressão de oxigênio no solo também influenciam na movimentação de microrganismos no solo (COELHO; DUARTE, 2008).

Com relação à hidroquímica, os litotipos dos aquíferos, o tipo de alteração mineral e do fluxo e taxa da recarga do aquífero definirão as concentrações dos parâmetros físico-químicos do manancial subterrâneo, ou seja, o intemperismo irá demonstrar a composição física e química das águas subterrâneas (DREVER, 1997).

Desta maneira, a qualidade físico-química e bacteriológica da água subterrânea é resultado da evolução química no solo que atravessa. De acordo com Santos (2009), as águas subterrâneas de maneira geral, não são influenciadas pelas variações climáticas e não precisam

de tratamentos sofisticados para serem utilizadas no consumo humano, já que são mais protegidas de microrganismos patogênicos e de alguns constituintes químicos.

No entanto, mesmo sendo menos vulneráveis à contaminação, não é conveniente considerar que a proteção conferida pelo solo a um aquífero seja suficiente para mantê-lo livre de contaminação, pois as mesmas fazem parte do ciclo hidrológico. Isto porque, o filtro que o solo confere aos recursos hídricos subterrâneos é passível de perturbações.

A qualidade destas águas a curto e longo prazo, podem sofrer ações que o comprometam. Com isso, a vulnerabilidade de um aquífero está relacionado à extensão, área de recarga, espessura da camada superficial, profundidade do nível da água e ação antrópica (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2007).

As águas superficiais e subterrâneas das regiões urbanas expostas ao crescimento demográfico estão propensas a sofrer alterações em suas características físicas, químicas e biológicas, devido ao aporte de substâncias oriundas de atividades antrópicas (GOMES, 2018). De acordo com Borges, Athayde e Reginato (2017), afirmam que em decorrência da urbanização, do desenvolvimento industrial e expansão agrícola, os aquíferos estão cada vez mais expostos à contaminação, prejudicando a qualidade deste recurso.

Com isso, a qualidade da água é um fator determinante para a saúde da sociedade humana e, para Silva, Hora e Oliveira (2017) visando analisar a mesma deve-se observar um conjunto de características, que expressem suas características que devem ser mantidas dentro de certos limites, os quais são representados por padrões, valores orientadores da qualidade de água, dos sedimentos e da biota.

Até a década de 70, acreditava-se que as águas subterrâneas estavam naturalmente protegidas da contaminação pelas camadas de solo e rochas. No entanto, passou-se a detectar contaminantes nas águas subterrâneas e, conseqüentemente, começaram estudos que buscavam avaliar a sua qualidade. Na atualidade, sabe-se que diversos fatores podem comprometer a qualidade dos reservatórios, tais como: destino final do esgoto doméstico em fossas e tanques sépticos; a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, de postos de combustíveis e de lavagem; e atividades agrícolas. Estes representam fontes de contaminação das águas subterrâneas por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (SILVA; ARAÚJO, 2003).

Buscando garantir a qualidade da água a ser consumida faz-se necessário utilizar bioindicadores, que são espécies, grupos ou comunidades biológicas, cuja presença, quantidade e distribuição indicam a amplitude de impactos ambientais em um ecossistema aquático. Pode-se utilizar um microrganismo como indicador seguindo algumas características, como ser

aplicável a todos os tipos de água, ter uma população bastante numerosa que outros patógenos, sobreviver melhor que os possíveis patógenos, possuir resistência a processos de autodepuração e ser detectado por uma metodologia simples e barata. No entanto, considerar que exista um indicador ideal de qualidade sanitária da água não o tem, no entanto, há alguns que se aproximam das exigências (BRASIL, 2006), tais como os Coliformes Totais e Termotolerantes (*Escherichia coli*) (BRASIL, 2011).

## **2.5 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES DO USO DA TERRA NA QUALIDADE DA ÁGUA**

O uso da terra influencia na infiltração da água no solo, podendo ser modificada pelo homem, por intermédio de seus programas de manejo. A inter-relação entre as diferentes atividades humanas, fragilidades do meio físico podem acarretar situações de risco ao homem e assim como impactos ambientais e, conseqüentemente, provocar a degradação de áreas e riscos à saúde pública (BROLLO; VEDOVELLO; ODA, 2000).

Rizzi (1981) comenta que os aspectos associados à importância das florestas nativas na produção e na conservação dos mananciais hídricos, funcionando na interceptação da água da chuva, proporcionar condições ótimas de infiltração e reduzir o escoamento superficial. Dentre as várias funções da vegetação, pode-se citar:

- a) proteção do solo contra erosão;
- b) proteção dos aquíferos das fontes poluidoras por meio da filtragem e retenção de sedimentos, nutrientes, pesticidas e outros produtos químicos;
- c) manutenção da infiltração das águas da chuva no solo, evitando inundações e contribuindo para o reabastecimento dos lençóis freáticos (MCKERGOW et al., 2003).

Outro fator que pode provocar a alteração da qualidade da água subterrânea relaciona-se com o desenvolvimento da agricultura no País, que estimulam o aumento da área cultivada e da produtividade. As atividades agrícolas alteram as condições geoquímicas naturais de áreas próximas a poços de abastecimento, como, por exemplo, o pH, concentração de nitrato (HOODA et al., 2000; LEITE et al., 2011), concentração de metais pesados, entre outros (CONTE; LEOPOLDO, 2001; LEITE et al., 2011).

Além disso, segundo Libânio (2010), existe ainda vantagens do uso das águas subterrâneas para o abastecimento por ter redução do custo da adução e melhor qualidade. Além

da sua menor vulnerabilidade à poluição. No entanto, como desvantagem, a renovação do aquífero é lenta e, em caso de poluição, a deterioração da água pode continuar se manifestando por anos após cessar a fonte de contaminação. Com isso, se todos começarem a perfurar para coletar água subterrâneas, sem critério, poderá haver contaminação dos aquíferos, lençóis freáticos.

### 2.5.1 DOENÇAS RELACIONADAS A ÁGUA

A doenças relacionadas a água podem ser classificadas em Doenças de Transmissão Hídrica (DTA) e Doenças de Veiculação Hídrica. Nas DTA, a água é o meio de sua ocorrência, transmissão, principalmente se tratando de agentes patogênicos advindos de excremento que atingem os seres humanos através da água. Já as doenças de veiculação hídrica ocorrem a partir de vetores que vivem na água ou seu sistema de reprodução/ciclo de vida, acometendo o ser humano por meio da ingestão de água contaminada ou contato com a pele (BRASIL, 2013).

Segundo dados da OMS (2015) cerca de 420 mil pessoas vêm a óbito devido a doenças transmitidas por alimentos insalubres, sendo as crianças as mais atingidas. Sendo as doenças diarreicas as principais, sendo responsáveis por 550 milhões de casos por ano, e desse total de casos, 230 mil acabam em morte. Os principais agentes causadores destas doenças relatadas são o Norovírus, *Campylobacter* sp, *Salmonella* entérica não tifoídes e *Escherichia coli*. Nesse panorama, morrem por ano no mundo mais pessoas devido a doenças relacionadas a alimentos quando pareada com todas as formas de violência, até mesmo guerras. Onde as crianças menores de 5 anos por serem mais frágeis imunologicamente são mais atingidas (BRASIL, 2013; OMS, 2015).

Com relação aos microrganismos relacionados a transmissão de doenças, têm-se as bactérias, vírus, protozoários, helmintos, dentre outros, que quando patogênicos causam sérios problemas no âmbito da saúde pública. A contaminação microbiológica da água ocorre por via fecal-oral principalmente por meio das fezes humanas e/ou animais (BRASIL, 2011).

Dentre as bactérias mais populares encontradas nas águas contaminadas estão *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *Escherichia coli* e *Vibrio cholerae*, que se associam a diagnósticos de enterites, diarreias infantis e doenças epidêmicas que atingem a saúde humana. Essas doenças podem ocorrer através da ingestão direta da água contaminada ou no preparo dos alimentos, uso na higiene pessoal, na agricultura, na indústria e lazer. As bactérias são seres

muito numerosos na natureza, com ampla distribuição na água, daí a necessidade do tratamento apropriado deste, afim de evitar a ocorrência de surtos de doenças transmitidas pela água. Assim, os órgãos governamentais, buscam alternativas de controles sobre a qualidade da água potável evitando possíveis surtos (WHO, 2011; BRASIL, 2014b).

## **2.6 POTABILIDADE DA ÁGUA**

A água potável é de vital importância para a sobrevivência de todos os organismos vivos e do funcionamento dos ecossistemas, comunidades e economias. Entre os países em desenvolvimento são os mais afetados, o que ocasiona grande gastos com problemas relacionados à disponibilidade de água, qualidade, uso e morte causada por doenças relacionadas a mesma (KHAN, 2012).

Para se ter uma vida humana com qualidade é de grande importância a qualidade da água potável consumida, já que é um importante elemento utilizado nas mais diversas tarefas, como o preparo de alimentos, higiene pessoal e limpeza. Assim, para o bem-estar social necessita-se do acesso a uma água potável livre de quaisquer agentes patogênicos e/ou produtos químicos tóxicos que venham trazer malefícios ao organismo humano (XAVIER et al.; AZIZULLAH et al., 2011).

O conceito de qualidade da água depende das condições naturais (escoamento superficial e infiltração no solo), do uso e da ocupação do solo (despejos domésticos ou industriais, e aplicação de defensivos agrícolas no solo) em bacias hidrográficas. Os componentes que alteram o grau de pureza da água são analisados pelas características físicas, químicas e biológicas, sendo repassadas como parâmetros de qualidade da água. Dentre os parâmetros físicos incluem cor, turbidez, sabor, odor e temperatura. Já os químicos incluem-se pH, alcalinidade, oxigênio dissolvido, matéria orgânica, dentre outros. Com relação aos parâmetros biológicos incluem-se as algas e os microrganismos patogênicos (SPERLING, 2005).

Lembrando que as concentrações de elementos ou substâncias presentes nas águas subterrâneas são extremamente dependentes do tipo de rocha, solo e/ou estruturas a que estão subordinadas e do tempo de residência da água no aquífero (FREITAS, 1997).

Com isso, a concentração de um determinado parâmetro químico da água subterrânea de uma região pode ser naturalmente, superior ao de outras regiões, isto ficou conhecido como valor de background de uma determinada água para um determinado elemento em uma

determinada região. Dessa maneira, com a ação filtradora lenta, através das camadas permeáveis, as águas subterrâneas deveriam apresentar baixos teores de cor, turbidez e isenção de bactérias encontradas em águas superficiais, a não ser que sejam atingidas por alguma fonte poluidora (SHÄFER, 2009).

## **2.7 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA**

As análises feitas na água são importantes no sentido de garantir o correto funcionamento do abastecimento, analisando sua segurança como uma água potável, além da investigação de surtos de doenças (BAIN et al., 2012). As doenças relacionadas à contaminação de água potável constituem um grande encargo sobre a saúde humana, que podem provocar desde uma gastroenterite leve à diarreia severa e por vezes fatal, disenteria, hepatite e febre tifoide. Além de poderem ser fonte de contaminação para a maioria dos agentes patogênicos incluindo a cólera, disenteria e criptosporidiose podendo causar grandes surtos de doenças (WHO, 2011).

Quando busca-se melhorar a qualidade da água, apontando ações de informação, monitoramento, coletas, análises com divulgação de dados, melhorias de gestão e de governança, buscando assim fiscalizar, implantar e melhorar instalações. No entanto, estas ações precisam chamar atenção do público tendo devida relevância, fazendo com que órgãos governamentais possam implementar tais melhorias necessárias. Essa mobilização, campanhas de conscientização são importantes, pois informam a população envolvida sobre os aspectos viáveis que podem auxiliar na proteção e melhoria da qualidade da água. (BRASIL, 2013).

A água destinada ao consumo humano, precisa apresentar um padrão que a torna ideal, com uma padronização determinada pelo órgão responsável do MS e monitorada pelas Secretarias de Saúde Estaduais. A vigilância da qualidade da água por lei é de inteira responsabilidade da saúde desde 1977. Atualmente este monitoramento é estabelecido pela Consolidação nº5 de 2018 do Ministério da Saúde e o gerenciamento é subdividido no que vemos como o VIGIAGUA (Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano), que tem como objetivo descentralizar as ações de vigilância, distribuindo a responsabilidade entre estados e municípios. Existe também o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA) responsável pela organização dos dados de estados e municípios acerca da qualidade da água consumida, é feito (BRASIL, 2006).

Na avaliação da qualidade da água, devem ser analisadas todas e quaisquer formas de abastecimento. De acordo com o VIGIAGUA existem os sistemas de abastecimento de água (SAA), que são instalações compostas por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição; as soluções alternativas coletivas (SAC), definidas por modalidades de abastecimento coletivo, com captação subterrânea ou superficial, com uso opcional de canalização e sem rede de distribuição; e a solução alternativa individual (SAI), sendo o abastecimento de água para consumo humano que supre residências com uma única família. Com isso, toda água destinada ao consumo humano deve ser potável, ou seja, que não ofereça riscos à saúde de seus consumidores (BRASIL, 2011).

O padrão de potabilidade de água para consumo humano no território brasileiro é composto por um padrão microbiológico; padrão de turbidez para a água pós-filtração ou pré-desinfecção; padrão para substâncias químicas que representam riscos à saúde (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção); padrão de radioatividade e um padrão de aceitação para consumo humano (BRASIL, 2011).

No Brasil, a Consolidação nº5/2017 (Origem: PRT MS/GM nº 2914 de 12 de dezembro de 2011 do MS) dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Segundo ela, toda água destinada ao consumo humano deve obedecer ao padrão de potabilidade e está sujeita a vigilância da qualidade da água. São designados valores máximos permitidos (VMP) para cada parâmetro de qualidade da água de consumo humano (BRASIL, 2017). No artigo 7º ressalta: “Compete à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS) promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água” (BRASIL, 2017).

O tratamento de água começa com a coleta de água de fontes naturais ou artificiais que serão encaminhadas para estações que realizam a remoção das impurezas nela presentes antes de seguir para as centrais de abastecimento, que levam a água para os estabelecimentos comerciais e indústrias, prédios públicos e para as residências. Todas as etapas de purificação da água para torná-la apta para consumo humano são realizadas nas estações de tratamento de água ou ETA, uma vez que o homem necessita de água de qualidade adequada e em quantidade suficiente para atender as necessidades, para proteção da saúde e para propiciar o desenvolvimento econômico (ITB, 2012).

Possuir potabilidade é seguir os padrões físico-químicos e microbiológicos fixados em lei. Para essas análises emprega-se métodos específicos de análise, que atendam as especificações dadas pelas normas internacionais de análise de água, tais como Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater e da American Public Health Association – APHA – (CLESCERI et al., 1998 apud PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011) e das normas publicadas pela Internacional Standardization Organization – ISO - (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011), conforme exigência da Consolidação nº5 (origem : PRT MS/GM nº 2914 de 12 de dezembro de 2011. Art.22 (BRASIL, 2017).

Os parâmetros físico-químicos incluem: cloro residual (mg/l), turbidez (uT), pH, cor aparente (uH), fluoretos (mg/l), por exemplo, já os parâmetros microbiológicos contemplados são as análises de coliformes totais, *Escherichia coli* e bactérias heterotróficas (BRASIL, 2017). A escolha do grupo de bactérias coliformes como indicadoras de contaminação da água deve-se à sua constante presença nas fezes de animais de sangue quente, incluindo os seres humanos, serem facilmente detectáveis e quantificáveis por técnicas simples e economicamente viáveis, em qualquer tipo de água e possuírem um tempo maior de vida na água que as bactérias patogênicas intestinais, já que são menos exigentes em termos nutricionais (FUNASA, 2013).

Neste grupo, entretanto, destaca-se a espécie bacteriana *E. coli*, que é um coliforme termotolerante, considerado um indicador fecal. Sua presença, faz alusão que ocorreu contato direto com as fezes, sugerindo, então, que essas águas possam conter organismos patogênicos provenientes de excrementos (SILVA et al., 2013). Já as bactérias heterotróficas são importantes indicadores de contaminação difusa, tais como a flora natural da água, por estar em contato com a terra, biofilmes, materiais em processo de putrefação, entre outros (JUNIOR; MELO; CARVALHO, 2008; VALIAS et al., 2002; SILVA et al., 2013). Justifica-se a contagem das bactérias heterotróficas para avaliar a integridade do sistema de distribuição, ou seja, avaliar se a qualidade da água tratada está sendo preservada até as ligações prediais. (BRASIL, 2011).

Em 2010 a Agência Nacional de Águas – ANA – buscando ampliar e integrar o monitoramento da qualidade da água no Brasil criou o Programa Nacional da Qualidade das Águas (PNQA), com o objetivo de ampliar o conhecimento sobre a qualidade das águas superficiais do Brasil, e assim orientar a elaboração de políticas públicas para a recuperação da qualidade ambiental em corpos d'água interiores com rios e reservatórios, contribuindo assim com a gestão sustentável dos recursos hídricos (ANA, 2012).

Existe também o SISAGUA que é também um importante instrumento do processo. São registradas de forma padronizada informações referentes à qualidade da água distribuída à

população pelos responsáveis pelos sistemas e outras formas de abastecimento (atividade denominada controle) e aquelas geradas pela ação da Vigilância em Saúde Ambiental. Com relação aos níveis de contaminantes químicos devem ser examinados e notificados às Secretarias Municipais de Saúde ao menos uma vez por semestre (BRASIL, 2004).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), aproximadamente 663 milhões de pessoas não tem acesso a água potável, de uma forma sustentada e 2400 milhões não dispõem sistemas sanitários integrados (WHO, 2015). Compreende – se como água potável aquela que pode ser ingerida por humanos sem causar patologias e, sendo assim, as águas naturais que estão disponíveis quase sempre passam por tratamentos para então ser designadas por águas para consumo humano. As características finais das águas de consumo estão definidas por documentos normativos, que demonstram o conhecimento científico acumulado e especificam os tratamentos a serem aplicados, procurando assim, obter e manter a qualidade dessa água de consumo (WHO, 2011).

Na Tabela 1 encontram-se os VMP para cada parâmetro analisado de acordo com a Consolidação nº5 (Origem: PRT MS/GM nº 2914 de 12 de dezembro de 2011) (BRASIL, 2017).

Tabela 1. Valores máximos permitidos (VMP) para os parâmetros da potabilidade da água.

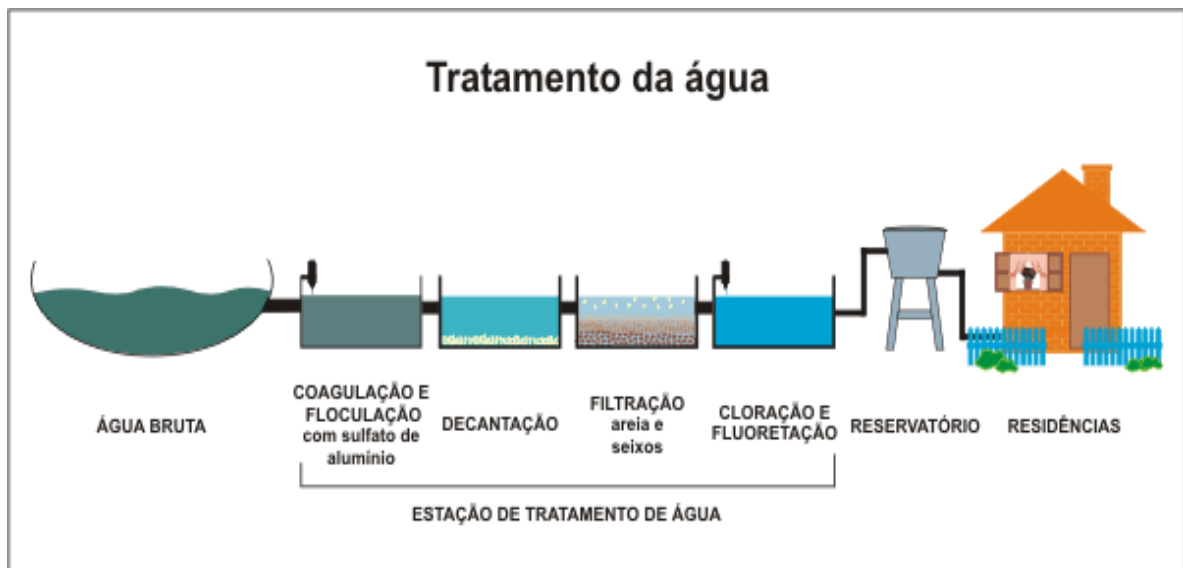
Parâmetro	VMP
Coliformes Termotolerantes	Ausência em 100ml
Coliformes Totais	Ausência em 100ml
Bactérias Heterotróficas	500UFC/ml
Turbidez	5 uT
Cloro Residual Livre	2 mg/ml
pH	6,0 a 9,5
Cor Aparente	15 uH
Fluoretos	1,5 mg/l
Dureza	300 mg/l Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Alcalinidade	500 mg/l Ca <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>

Como ocorrem formas de contaminação da água, a vigilância da qualidade da água adota medidas para garantir que a aquela consumida pela população atenda aos padrões e normas pela legislação vigente e também avalia os riscos que a água consumida não cause prejuízos a população. Essas medidas devem ser uma atividade rotineira preventiva sobre os sistemas públicos e soluções alternativas para o abastecimento de água, conseguindo conhecer a situação da água e, conseqüentemente, reduzir as possibilidades de enfermidades transmitidas a população (BEVILACQUA et al., 2014).

## 2.8 SISTEMAS DE TRATAMENTO DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

A água distribuída à população passa por várias etapas ao longo do sistema de abastecimento. A água captada é levada a uma Estação de Tratamento de água (ETA), que associa vários processos (coagulação, floculação, decantação e desinfecção) que garantam assim, a sua qualidade, sendo armazenada em reservatórios e por último distribuída para o abastecimento da população de acordo com a figura 2.

Figura 2: Sistema de Tratamento de Água para Consumo Humano



Fonte: google

Etapas de um sistema de abastecimento de água para consumo humano: Inicia-se com a captação das águas que pode ser de origem superficial ou subterrânea. A água de origem subterrânea encontra-se em reservas classificadas de aquíferos, que se acumula pela infiltração da água da chuva e que ao atravessa várias camadas de solo e sofre filtração (PAIXÃO, 1999). De maneira geral, a primeira possui melhores propriedades que a segunda, já que é menos vulnerável a contaminação e por isso livre da maioria de patógenos, que quando ocorrem têm normalmente origem na superfície da terra devido a atividades industriais, agrícolas ou pecuárias (OJO et al., 2012).

As águas superficiais são de origem de rios e lagos, por exemplo, estando disponíveis em maior quantidade. Contudo, possuem índices de qualidade mais baixos devido à contaminação a que estão sujeitas, necessitando assim de mais processos de tratamento em relação às águas subterrâneas (PAIXÃO, 1999; LI et al, 2016).

Tratamento da água (que ocorre nas estações de tratamento de Água – ETA)

Etapa posterior a captação da água, segue alguns tratamentos que estão elucidados na sequência:

Primeiramente ocorre a **coagulação**, onde é feita a adição de sais de alumínio ou ferro na água que irão provocar agregação das partículas coloidais em suspensão, que ao colidirem entre elas vai aumentando de tamanho, formando assim flocos, designando o processo de **floculação** (MATILAINEN et al., 2010; MOGHADDAM, et al., 2010).

Já por ação da gravidade, ocorre a **decantação** que se define pela deposição dos flocos no fundo de um tanque, separando-se da água e diminuindo, consideravelmente, a turvação da mesma (EPA, 2016a).

Em seguida, ocorre a **filtração**, processo que a água percorre filtros compostos por materiais porosos, normalmente areia, que irão reter as partículas de menor dimensão que possam ainda estar em suspensão na água (FRET et al., 2016). E para finalizar o processo de tratamento realiza-se à **desinfecção**, onde se aplica um agente desinfetante, que busca diminuir o número de microrganismos, manter um teor de desinfetante residual, além de impedir a proliferação de microrganismos patogênicos (MI et al., 2015).

Entre os agentes desinfetantes que podemos utilizar existem os agentes físicos como a radiação ultravioleta (UV), ou químicos como por exemplo o ozono gasoso (O<sub>3</sub>) e o cloro. Na atualidade, o desinfetante mais utilizado é o cloro que além de sua eficácia e permanência na água para além do momento de injeção, que mantém concentrações residuais ao longo da rede de distribuição de água, controlando assim possíveis contaminações, e prevenindo assim, doenças infecciosas de origem hídrica (WHO, 2011).

A importância desse tratamento é que a ingestão de água contaminada ou em contato com a pele, mucosas, olhos, ouvidos ou até a inalação de aerossóis com agentes patogênicos podem provocar infecção, principalmente em crianças, idosos ou imuno-deficitários (WHO, 2006; Wingender&Flemming, 2011).

## **2.9 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE POTABILIDADE:**

A necessidade de cada parâmetro explica-se em:

- **Cor:** a cor da água provém de material orgânico, partículas em suspensão. Caso a coloração esteja elevada, esteticamente provoca rejeição por parte do consumidor esteticamente a água de coloração. Teve sua determinação através do

Fotocolorímetro. Os valores de referência para o valor permitido de Cor é 15 uH (unidade Hazen); Metodologia: SMEWW 2120 C.

- **pH (potencial hidrogeniônico):** representa a concentração de íons hidrogênio, H<sup>+</sup>, indicando acidez, neutralidade e basicidade da água (BAIRD, 2004). Nas estações de tratamento de águas, os controles de pH são analisados durante a coagulação e a floculação, em que existe um “pH ótimo” de floculação coloidais apresentam menor quantidade de carga eletrostática superficial. Metodologia: SMEWW 4500 H+B.

A desinfecção que se utiliza o cloro é um outro processo relacionado ao pH. Em meio ácido, a dissociação do ácido hipocloroso formando hipoclorito é menor, sendo o processo mais eficiente. Além disso, a distribuição da água final é afetada pelo pH, as águas ácidas são corrosivas, e as alcalinas são incrustantes. Por isso, o pH da água final deve ser controlado, para que os carbonatos presentes sejam equilibrados e assim não ocorra águas ácidas nem alcalinas. (COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010).

O pH é padrão de potabilidade, devendo as águas para abastecimento público apresentar valores entre 6,0 e 9,5, de acordo com Consolidação nº5 MS/GM de 2017 (origem Portaria 2914/2011) Ministério da Saúde (BRASIL, 2017). Possuir acidez elevada pode ser um indicativo de contaminações, assim como o excesso de solubilização de sais também pode tornar a água imprópria para consumo devido à elevada dureza (BAIRD, 2004). Para a medida do pH, utiliza-se pH-metro.

- **Flúor:** a adição de flúor, partir de 1974, tornou-se obrigatória no Brasil em municípios onde tenha ETA. Essa ação foi reconhecida como uma das mais importantes na Saúde Pública para prevenção de doenças de todos os tempos (MCNALLY; DOWNIE, 2000). A adição do flúor é um elemento químico adicionado à água de abastecimento, durante o tratamento, devido à sua comprovada eficácia na proteção dos dentes contra a cárie (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010). Metodologia: SWEWW 4500 F D

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), os valores adequados para fluoretação de águas de abastecimento a faixa que varia entre 1,0 a 1,5 mg de fluoreto para cada litro de água. De acordo com Consolidação nº5 MS/GM de 2017 (origem Portaria 2914/2011) Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) estabelece concentração máxima de flúor de 1,5 mg l<sup>-1</sup>. Lembrando que a ausência temporária ou variações de flúor na água de abastecimento não a torna imprópria para consumo (COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO, 2010).

- **Turbidez:** caracteriza a água devido à presença de materiais sólidos em suspensão, que reduzem a sua transparência. Pode também ser provocada pela presença de algas, plâncton, matéria orgânica e outros materiais resultantes do processo natural de erosão ou de despejos domésticos e industriais (FUNASA, 2009). Segundo Von Sperling (2005) enfatiza que o principal inconveniente da turbidez é que as partículas que causam a turbidez podem abrigar microrganismos patogênicos.

De acordo com Consolidação nº5 MS/GM de 2017 (origem Portaria 2914/2011) estabelece que o VMP é de 5,0 uT, em toda extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede). A turbidez é determinada em turbidímetro, pelo método nefelométrico, Valor máximo permitido Turbidez – 5 NTU (Unidades Nefelométricas de Turbidez). Metodologia: SWEWW 2130 B

- **Alcalinidade:** a alcalinidade é a capacidade que a água possui de neutralizar ácidos, sendo, geralmente função dos carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos contidos na água, servindo como indicador da concentração destes constituintes (VON SPERLING, 1996).

Este parâmetro, no entanto, não tem significado sanitário para água potável, mas em elevadas concentrações confere um gosto amargo para água. Essa determinação é importante no controle do tratamento da água, estando relacionada com a coagulação, redução de dureza e prevenção da corrosão em tubulações. Para sua análise utiliza-se o método volumétrico de neutralização (BACCAN, N., ANDRADE, J.C., 2014). Metodologia: SWEWW 2320 B

- **Matéria Orgânica:** A análise de matéria orgânica utiliza métodos analíticos titrimétricos de oxi-redução, envolvendo um agente oxidante energético (como o dicromato de potássio em meio sulfúrico) atuando sobre a matéria orgânica (agente redutor, sob análise), em presença de um indicador adequado (WALKLEY ; BLACK, 1934). A determinação da matéria orgânica é representada pelo oxigênio consumido (OC) fornecido pelo material orgânico, que é oxidável nas condições impostas durante o ensaio.

Conhecer a quantidade do OC é útil para definir alterações da qualidade da água a ser tratada e indicar a efetividade do processo do tratamento aplicado, além demonstrar o desenvolvimento de microrganismos nas unidades de tratamento. A concentração de oxigênio consumido, “MATÉRIA ORGÂNICA”, expressa em  $\text{mg l}^{-1}$  (ABNT/ NBR)

- **Dureza Total:** provém da presença de sais de cálcio e magnésio na água. A importância maior da sua análise se encontra na área industrial, pois pode provocar problemas de

incrustações, corrosão, redução da formação de espumas, aumentando os custos com sabão. Além de podem provocar sabor desagradável à água de abastecimento possuindo efeito laxativo (BARCELLOS et al., 2006). Essa análise é feita por titulometria por complexação. A água pode ser classificada quanto à dureza em: água mole possui até 50 mg de  $\text{CaCO}_3$  /l; a moderadamente dura de 50 a 150 mg de  $\text{CaCO}_3$  /l; a dura de 150 a 300 mg de  $\text{CaCO}_3$  /l; e a muito dura acima de 300 mg de  $\text{CaCO}_3$ /l (MACÊDO, 2003).Metodologia: SWEWW 2340 C.

- **Oxigênio Dissolvido (OD):** análise responsável para analisar oxidação da matéria orgânica presente na água e é indispensável para formas de vida aeróbias. A quantidade de oxigênio dissolvido na água depende da solubilidade do gás, da pressão parcial do gás na atmosfera, da temperatura e da concentração de impurezas na água (METCALF; EDDY, 2003). A análise é feita por um oxímetro. A quantidade de oxigênio presente na água em condições normais, depende da temperatura, da quantidade de sais presentes e da pressão atmosférica. Com isso, a solubilidade dos gases aumenta com a diminuição da temperatura e aumento da salinidade. Assim, as águas mais frias retém maior quantidade de oxigênio (BRANCO, 1986).Metodologia: SWEWW 4500 OG.
- **Parâmetros Microbiológicos:** quanto a esses parâmetros é avaliado a contagem de coliformes fecais e totais. Segundo a Consolidação nº5 MS/GM de 2017 (origem Portaria nº 2914/2011) (BRASIL, 2017), na qual define que a água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, ou seja, ausência de Unidades Formadoras de Colônias (UFC) de coliforme fecais e totais em 100 ml. Técnica utilizada membrana filtrante.Metodologia: SWEWW 9223 B
- **Bactérias Heterotróficas:** Método utilizado “Pour Plate”, e o valor limite são 500UFC/ml de bactérias heterotróficas.Metodologia: SWEWW9215 B

Baseado nessas informações percebe-se que a utilização da água, de forma irracional e sem os devidos cuidados pode causar problemas de poluição e contaminação. Aliado a esse fato, muitas pessoas utilizam águas de fontes alternativas, sem conhecer as características dessas águas, bem como sua qualidade. Conclui-se, portanto, que é necessário conscientizar a população a respeito do consumo das águas brutas, enfatizando a importância da desinfecção antes desse uso. Além de alertar para a necessidade de preservar os recursos hídricos subterrâneos, bem como de se ter cuidado em relação ao consumo de águas que não passam por um tratamento convencional.

#### 4 DEFENSIVOS AGRÍCOLAS NA ÁGUA

A água, além de desempenhar papel muito importante para economia uma vez que está relacionada a setores como a agricultura, produção energética e mineração e fatores urbanos e industriais da sociedade, todas essas atividades podem gerar impactos ao meio ambiente, alterando as características da água causando sérias consequências se não forem adequadamente administradas em todos os seus aspectos ambientais (OLIVEIRA, 2013).

A elevação da produção agrícola é proporcionalmente direta à quantidade de material químico incorporado ao solo (VIANA, 2009). Depois da segunda guerra mundial, a agricultura empresarial se consagra como marco econômico de produção e teve como principal bandeira o termo “revolução verde”, em que se apoiava por segmentos importantes, além de incentivos de governos e de organizações mundiais (MOREIRA, 2015).

De acordo com Paulo de Bessa Antunes (2010), a palavra ‘agrotóxico’ significa “produtos químicos destinados à utilização pela agricultura com a finalidade de ‘proteção’ contra praga ou destinados a aumentar a produtividade de determinadas culturas”.

De acordo com a Lei Federal nº 7.802, de 11 de julho de 1989 (...) Agrotóxicos são os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento dos produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou implantadas, e de outros ecossistemas e também de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos (BRASIL, 1989).

A Constituição Cidadã de 1988, do Brasil, previu “técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente” em seu art. 225, §1º, V. De forma a complementar a ideia constitucional, o art. 2º da Lei nº. 7.802/89 intitulada Lei de Agrotóxicos, regulamentada pelo Decreto nº. 4.074/02, vem definir o que pode legalmente ser considerado agrotóxico, reafirmando o conceito constitucional e ampliando-o a todos “os produtos e os agentes de processos físicos, químicos ou biológicos”, sejam eles destinados às áreas rurais ou urbanas.

Segundo Vasconcelos (2008), os primeiros produtos utilizados com a finalidade de exterminar pragas no Brasil eram produzidos à partir de extratos de plantas e substâncias inorgânicas, como o arsênico, a nicotina, o flúor e compostos minerais. Contudo, à partir do século XIX, devido ao êxodo rural acentuado no cenário de sucessivas revoluções industriais, a capacidade da produção agrícola já não era satisfatória para o número crescente da população.

Os mesmos autores acima descrevem que em meados dos anos 50, chega ao Brasil a “Revolução Verde”, um “programa idealizado para aumentar a produção agrícola no mundo por meio de melhorias genéticas em sementes, uso intensivo de insumos industriais” e “mecanização e redução do custo de manejo”. Somado a isso, teve apoio no exterior pela FAO – Food and Agriculture Organization, órgão das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura e pelo Banco Mundial, com a proposta de erradicar a fome do mundo (LONDRES, 2011).

Os agrotóxicos podem ser divididos em três principais grupos: fungicidas, inseticidas e herbicidas, sendo que este último representa cerca de 45% dos Agrotóxicos comercializados no mundo (QASEM, 2011), sendo utilizados para combater ervas daninhas que são prejudiciais à lavoura. A contaminação dos corpos hídricos por essas substâncias ocorre principalmente através de processos de carreamento e lixiviação (QUEIROZ et al. 2011).

Existem alguns tipos de agrotóxicos que não possuem potencial bioacumulativo, portanto não representam risco de biomagnificação ao longo da cadeia trófica, pouco se conhece a respeito dos efeitos tóxicos que os mesmos possam causar a ictiofauna local, mesmo não causando efeitos letais as alterações comportamentais causadas pela exposição a esses xenobiontes podem comprometer a estabilidade da espécie no ecossistema afetado. Essas substâncias, no entanto podem causar efeitos genotóxicos sobre o material genético de organismos expostos, e tais efeitos em longo prazo podem conduzir a mutagenicidade, carcinogenicidade ou letalidade (NWANI, et al. 2011).

O registro de um agrotóxico é indeterminado (Tabela 2), pois não existe o procedimento de atualização do registro definido por períodos, como ocorre no caso dos medicamentos, em que a cada cinco anos a concessão é revisada para manutenção ou revogação da autorização (ANVISA; UFPR, 2012).

Tabela 2 - A Regulação de agrotóxicos em uma análise comparativa de validade de registro:

<b>País</b>	<b>Anos</b>
EUA	15 anos
Japão	3 anos
Argentina	Indeterminado
Paraguai	Indeterminado
Uruguai	4 anos
Brasil	Indeterminado

Fonte: ANVISA; UFPR, 2012

Em 2008 foram colocados 14 produtos para reavaliação toxicológica, iniciativa que gerou processos judiciais por parte das empresas interessadas, o que tem dificultado a sua conclusão e mantido no mercado produtos que deveriam estar banidos do país. As fiscalizações realizadas em empresas formuladoras têm mostrado vários problemas no controle de qualidade, incluindo alterações das formulações sem registro (ANVISA; UFPR, 2012).

Não bastasse o Brasil tornar-se o maior consumidor de agrotóxicos no mundo, adotou também a política de utilizar em suas produções agrícolas, produtos que não estão mais sendo utilizados pelos países desenvolvidos, ou seja, justamente aqueles mais agressivos em sua funcionalidade (WANDER et al. 2013). Moura (2007) informa que o uso de agrotóxicos no Brasil é uma questão de saúde pública, exigindo mais estudos e atenção da sociedade contemporânea.

De acordo dos CARNEIRO et al. (2015), existem 50 agrotóxicos mais utilizados nas lavouras de nosso país, sendo que desses, 22 são proibidos na União Européia, o que faz do Brasil o maior consumidor de Agrotóxicos já banidos de outros países (CARNEIRO et al., 2015). (Anexo 1)

Segundo Karen Friedrich, da Associação Brasileira de Saúde Coletiva (Abrasco) e da Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) o 2,4-D (2,4-diclorofenoxiacético), por exemplo, é um dos ingredientes do chamado 'agente laranja', que foi pulverizado pelos Estados Unidos durante a Guerra do Vietnã, e que deixou sequelas em uma geração de crianças que, ainda hoje, nascem deformadas, sem braços e pernas. Mesmo sendo comprovadamente perigoso, existe uma barreira forte que protege a suspensão do uso dessa substância no Brasil. "O apelo econômico no Brasil é muito grande", diz Friedrich. "Há uma pressão muito forte da bancada ruralista e da indústria do agrotóxico também" (ROSSI, 2015). O 2,4-D esteve em análise na Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) desde 2006, e, em junho de 2016, a agência manteve parecer favorável à liberação do agrotóxico, mesmo apesar dos riscos apresentados à saúde.

De acordo com a OMS, o 2,4-D afeta o sistema reprodutivo, o cérebro e é apontado como potencialmente cancerígeno (REDE BRASIL ATUAL, 2016). Já de acordo com o banco de dados sobre pesticidas da Universidade de Hertfordshire, do Reino Unido, indica que o produto é considerado neurotóxico e pode provocar problemas reprodutivos e de desenvolvimento, além de irritação no trato respiratório e nos olhos. As doses excessivas, afeta o sistema digestivo, além de ser possivelmente tóxico para fígado e rins. O 2,4-D também está relacionado com o desenvolvimento do mal de Parkinson, segundo parecer técnico da Fiocruz de 2014 (BRITO, 2016).

No entanto, de acordo com a ANVISA, faltam evidências conclusivas sobre os riscos à saúde, sendo este composto o segundo agrotóxico mais vendido no Brasil, sendo aplicado em plantações de arroz, aveia, café, cana-de-açúcar, centeio, cevada, milho, pastagem, soja e trigo (REDE BRASIL ATUAL, 2016).

Quando se analisa quanto de agrotóxicos podemos estar ingerindo, através da água, por exemplo, as portarias que regulamentam os parâmetros de potabilidade da água brasileira, percebe-se um aumento dos parâmetros aceitos, como passar dos anos. Com a Portaria nº56/1977, permitia-se 12 tipos de agrotóxicos, 10 produtos químicos inorgânicos (metais pesados), e nenhum produto químico orgânico (solventes) e nenhum produto químico secundário da desinfecção domiciliar. Já a Portaria nº36/1990, permitia 13 tipos de agrotóxicos, 11 produtos químicos inorgânicos (metais pesados), 7 produtos químicos orgânicos (solventes) e de 02 produtos químicos secundários da desinfecção domiciliar. Já com a terceira norma de potabilidade da água do Brasil, a Portaria MS nº 518 /2004, permitia-se 22 tipos de agrotóxicos, 13 produtos químicos inorgânicos (metais pesados), de 13 produtos químicos orgânicos (solventes) e de 06 produtos químicos secundários da desinfecção domiciliar (DOSSIE ABRASCO, 2012).

Atualmente, a Portaria que se encontra em vigor, depois de passar por revisões e atualizações, permite a presença de 27 tipos de agrotóxicos, de 15 produtos químicos inorgânicos (metais pesados), de 15 produtos químicos orgânicos (solventes), de 07 produtos químicos secundários da desinfecção domiciliar e a permissão para o uso de algicidas nos mananciais e estações de tratamentos. (DOSSIE ABRASCO, 2012).

Conforme Almeida (2013) a água, por possuir propriedades de solvente e à sua habilidade de transportar partículas, incorpora a si diversas impurezas, que definirão sua qualidade. Esta qualidade resulta dos fenômenos naturais e da atuação do homem e a contaminação do meio aquático por Agrotóxicos ocorre com frequência através do processo de carreamento do solo contaminado, lixiviação, pela lavagem dos equipamentos de pulverização ou ainda por derivação quando da aplicação por via aérea (Ferraro, 2009). Uma vez nesse ambiente, os agrotóxicos, podem reduzir a qualidade ambiental e influenciar funções essenciais do ecossistema aquático por meio da redução na diversidade de espécies, modificação na cadeia alimentar e modificações nos padrões de fluxo de energia e ciclagem de nutrientes, gerando alterações na estabilidade e resiliência do ecossistema (PÉREZ et al. 2011).

Existe ainda a possibilidade dos agrotóxicos contaminarem mananciais hídricos subterrâneos, nos quais não existem condições favoráveis para a degradação das moléculas devido a baixas temperaturas, falta de oxigênio, baixa atividade dos microrganismos e ausência

de luminosidade, agravando a possibilidade de acumulação desses compostos e, conseqüentemente, a chance de contaminação de populações humanas usuárias desse recurso (SILVA et al. 2011).

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12216: Projeto de estação de tratamento de água para abastecimento público. Rio de Janeiro/RJ, 1992 .

ALMEIDA, J. C. **Avaliação do Índice de qualidade da água na lagoa dos Patos.** Universidade de Pelotas. Pelotas, 2013. Disponível em: <<http://wp.ufpel.edu.br/esa/files/2013/10/TCC-JAQUELINE-ALMEIDA.pdf>>. Acesso em: 01/11/2018

ANA. **Panorama de Qualidade das Águas Subterrâneas.** Brasília: ANA, 2007a. [http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA\\_DO\\_ENQUADRAMENTO.pdf](http://pnqa.ana.gov.br/Publicacao/PANORAMA_DO_ENQUADRAMENTO.pdf). Acesso: 29/04/2015.

ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental.** 12<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris. 2010.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária, UFPR. Universidade Federal do Paraná. **Seminário de mercado de agrotóxico e regulação.** ANVISA, Brasília, 2012.

BACCAN, NIVALDO., ANDRADE, J.C., **Química Analítica Quantitativa Elementar**. 3<sup>o</sup>ed. São Paulo: EdgardBlücher. 2004.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. Porto Alegre: Bookman, p.622, 2004.

BORGES, V. M.; ATHAYDE, G. B.; REGINATO, P. A. R. Reginato. **Avaliação da vulnerabilidade natural à contaminação do sistema aquífero Serra Geral no Estado do Paraná – Brasil. Águas Subterrâneas**, v. 31, n. 4, p. 327-337, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14295/ras.v31i4.28857>.

BORGHETTI, N. R. **Aquífero Guarani: a verdadeira integração dos países do MERCOSUL**. Curitiba – PR, 2004.

BRANCO, SM. **Hidrobiologia aplicada à engenharia sanitária**. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: CETESB/ASCETESB; p. 640, 1986.

BRASIL, Decreto n.º 4.074 de 04 de janeiro de 2002. **Regulamenta a Lei nº 7.802/89 (lei federal dos Agrotóxicos)**. Brasília, Diário Oficial da União de 08/01/2002.

BRASIL, **Lei nº 7802, 11 de julho**, 1989. Dispõe sobre a pesquisa, a experimentação, a produção, a embalagem e rotulagem, o transporte, o armazenamento, a comercialização, a propaganda comercial, a utilização, a importação, a exportação, o destino final dos resíduos e embalagens, o registro, a classificação, o controle, a inspeção e a fiscalização de Agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências; Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1989.

BRASIL. Agência Nacional das Águas. **Cuidando das Águas: soluções para melhorar a qualidade dos recursos hídricos**. Agência Nacional de Águas, Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 2. ed. Brasília: Editoração Eletrônica; 2013. Disponível em: < <http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2013/CuidandoDasAguas-SolucaO2aEd.pdf> > BRASIL. Acesso em: 11/11/2018.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde**, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília, Funasa, 2014b, p. 112.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS/Ministério da Saúde**, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília : Funasa, 2014.

BRITO, Gisele. **Empresas pedem registro para produção de Agrotóxicos danosos à saúde**. Brasil de Fato, 13 jul. 2016. Disponível em: <https://www.brasildefato.com.br/2016/07/13/empresas-pedem-registro-para-producao-de-agrotoxicosdanosos-a-saude/>> Acesso em: 04/10/18

CAICEDO, N. **Água Subterrânea**. In: TUCCI, C.E.M.(org.). Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre: EDUSP, 1993.

CARNEIRO, F. F. et al. (Org.) **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos Agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: EPSJV; São Paulo: Expressão Popular, 2015.

CARNEIRO, F. F. et al. **DOSSIÊ ABRASCO um alerta sobre os impactos dos Agrotóxicos na saúde. Parte 1: Agrotóxicos, segurança alimentar e nutricional e saúde**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Saúde Coletiva, 2012.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied Hydrology**. New York: Mcgraw Hill Book Company, 1988.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO – CETESB. **Variáveis de qualidade das águas**, 2010. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/variaveis.asp>. Acesso em: 15/10 18.

FERRARO, M. V. M. **Avaliação de Três Espécies de Peixes – Rhamdiaquelen, Cyprinus carpio e Astyanax bimaculatus, como potenciais bioindicadores em sistemas hídricos através dos ensaios: Cometa e dos Micronúcleos**. 2009. 176 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The outlook for 2050 is encouraging, globally, but much work is needed to achieve sustainable water use and ensure food security for all**. Rome, p.76, 2015.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual prático de análise de água**. 3ª ed. rev. – Brasília – DF, 2009.

GOMES, M. A.; RAMOS, E. V. da S.; SANTOS, L. C. dos; BITU, S. G.; GADELHA, A. J. F. **Avaliação Hidroquímica e de Parâmetros FísicoQuímicos de Qualidade das Águas Subterrâneas da Zona Urbana do Município de Sousa-PB.** *ÁguasSubterrâneas*, v. 32, n. 2,

INE. **Proporção de águas superficiais (%) por Localização geográfica (NUTS-2002) e Classes de qualidade**, 2012. Acesso em: 03/03/2019. Disponível em: [https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine\\_indicadores&indOcorrCod=0006687&con texto=bd&selTab=tab2](https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0006687&con texto=bd&selTab=tab2).

KOLLET, S. J.; MAXWELL, R. M. Integrated surface–groundwater flow modeling: A freesurface overland flow boundary condition in a parallel groundwater flow model. *Advances in Water Resources*, v. 29, n. 7, p. 945-958, 2006.

LARSEN, D. **Diagnóstico do saneamento rural através de metodologia participativa. Estudo de caso: bacia contribuinte ao reservatório do rio verde, região metropolitana de Curitiba, PR.** 2010. 182 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil um guia para ação em defesa da vida.** 1ª ed. Rio de Janeiro. AS-PTA-Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 190p, 2011.

MACÊDO, J. A. B de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas.** 2ª ed. Belo Horizonte: CRQ-MG, 2003.

MCNALLY, M.; DOWNIE, J. **The ethics of water fluoridation.** *J Can Dent Assoc.*, v.6, p.592-593, 2000.

Melo RA. **Qualidade físico-química e microbiológica de água fornecida em bebedouros de escolas municipais em Cabedelo-PB.** [dissertation].Campina Grande: Universidade Estadual da Paraíba/UEPB; 2016. 104p.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: Treatment and reuse.** 4. ed. Boston: McGraw-Hill, 2003.

MI, Z., Dai, Y., Xie, S., Chen, C., Zhang, X..**Impact of disinfection on drinking water biofilm bacterial community.***Journal of Environmental Sciences.* 37: 200-205, 2015.

MOREIRA, D. A., et al. **Qualidade das águas de minas no perímetro urbano do município de Ubá-MG.** Multi-ScienceJournal, 2015.

MOURA, R. M. **Agrotóxicos: heróis ou vilões? A face da questão que todos devem saber.** Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica, v. 4, p. 23 - 49, 2007.

NWANI, C. D. et al. **Mutagenic and genotoxic assessment of atrazine-based herbicide to freshwater fish *Channa punctatus* (Bloch) using micronucleus test and single cell gel electrophoresis.** Environmental toxicology and pharmacology, v. 31, n. 2, p. 314-22, 2011. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21787700> >. Acesso em: 04/09/18.

OLIVEIRA, B. S. S. O. **Qualidade da água associada à vulnerabilidade climática e riscos sanitários no baixo Rio Jarí – AP.** Universidade Federal do Amapá: Macapá, 2013. Disponível em: <[http://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/01/TCC-BRUNNA\\_CIENCIASAMBIENTAIS-2009.pdf](http://www2.unifap.br/cambientais/files/2014/01/TCC-BRUNNA_CIENCIASAMBIENTAIS-2009.pdf)>. Acesso em: 04/09/2018. p. 162-172, 2018.

PAIXÃO, M.A. **Águas e Esgotos em Urbanizações e Instalações Prediais.** 2ª ED., Edições Orion. Amadora, 1999.

PÉREZ, G. L.; VERA, M. S.; MIRANDA, L. **Effects of Herbicide Glyphosate and Glyphosate-Based Formulations on Aquatic Ecosystems.** In: KORTEKAMP, A. (Ed.). *Herbicides and Environment.* 2011. p. 343 – 368. ISBN: 978-953-307-476-4, InTech, Acesso em: 04/09/18.

QASEM, J. R. **Herbicides Applications: Problems and Considerations.** In: KORTEKAMP, A. (Ed.). *Herbicides and Environment.* p.643- 664. ISBN: 978- 953-307-476-4, 2011. InTech, Disponível em: <http://www.intechopen.com/books/herbicides-andenvironment/herbicides-applications-problems-andconsiderations>. Acesso em: 04/09/2018.

QUEIROZ, G. M. P. et al. **Transporte de glifosato pelo escoamento superficial e por lixiviação em um solo agrícola.** Quim. Nova, Vol. 34, No. 2, 190-195, 2011.

REBOUÇAS, A. da C.; BRAGA, B., TUNDISI, J. G. **Águas Doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 3ª edição – São Paulo. Escrituras editora, 2006, 748p.

- REDA AH. **Physico-Chemical analysis of drinking water quality of Arbaminch Town.** J Environ Anal Toxicol. [Internet]. 2016.
- REDE BRASIL ATUAL. **Áreas agrícolas que utilizam Agrotóxicos têm mais casos de câncer infantil juvenil**, 12 ago. 2016b.
- ROSSI, Mariana. **O “alarmante” uso de Agrotóxicos no Brasil atinge 70% dos alimentos.** El País, 30 abr. 2015. Acesso em: 04/10/18.
- SILVA, D. R. O. et al. **Ocorrência de Agrotóxicos em águas subterrâneas de áreas adjacentes a lavouras de arroz irrigado.** Química Nova, v.34, p.748-752, 2011.
- SILVA, Ferdnando Cavalcanti da. **Análise Integrada de usos de água superficial e subterrânea em macro-escala numa bacia hidrográfica: O caso do alto Rio Paranaíba.** Porto Alegre: UFRS, 2007. Dissertação (Mestrado).
- SILVA, M. M. A; HOLZ, J. FAIÃO, D.; FREIRE, C.C. A outorga de direito do uso da água subterrânea nos estados brasileiros. In: **Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas XV, 2008.** Natal. Anais... São Paulo: ABAS. 2008, CD.
- SOLDERA, B. C.; OLIVEIRA, E. de. **Água sustentável (as): Um novo método para a Governança da água.** Águas Subterrâneas (2017) 31(2):
- SOUZA, N.A. **Vulnerabilidade à poluição das águas subterrâneas. Um estudo do aquífero Bauru na zona urbana de Araguari, MG,** 135 p. Dissertação (Mestrado)’, Faculdade Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2009.
- SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3º ed. DESA. UFMG, Belo Horizonte, p. 452, 2005.
- VASCONCELOS, Yuri. **O que é revolução verde?** Edição de agosto de 2008. Acesso em: 19 de julho de 2013. Disponível em:[http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteúdo\\_244070.shtml](http://planetasustentavel.abril.com.br/noticia/atitude/conteúdo_244070.shtml) . Acesso em: 04/09/18.
- VIANA, J. N. et al. (orgs.) **Agroecologia: um novo caminho para extensão rural sustentável.** Rio de Janeiro: Garamond p. 39 – 40, 2009.

VIANA, M. S. et al. Análise físico-química comparativa da qualidade da água para consumo humano em dois bairros de Muriaé - MG. In: Encontro de Iniciação Científica FAMINAS da Zona da Mata-MG, 4, 2007, Muriaé. Suplemento Revista Científica da Faminas. Muriaé: FAMINAS, 2007.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

WALKLEY, A. & BLACK, I. A. **An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method.** Soil Science, v. 37, p. 29-38, 1934.

WANDER, A. E.; CUNHA, C. A.; DIDONET, A. D. **Pesticide contamination in land reform settlements in Brazil: empirical evidences from Caiapônia, Goiás State.** Journal of Environmental Science and Engineering, v. 2, n. 3, p. 197 - 202, 2013.

WHO -World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality.** First Addendum to Third Edition, vol. 1, Recommendations, 3rd ed. World Health Organization. Geneva, Switzerland, 2006.

WHO- World Health Organization. **Guidelines for Drinking-water Quality.** Fourth Edition, WHO. Geneva, Switzerland, 2011.

Wingender, J., Flemming, H. C..**Biofilms in drinking water and their role as reservoir for pathogens.** **International Journal of Hygiene and Environmental Health.** 214: 417–423, 2011.

## ARTIGO – AVALIAÇÃO DA POTABILIDADE DA ÁGUA BRUTA DO MUNICÍPIO DE BANDERANTES-PR

### RESUMO

Mesmo que nosso planeta seja repleto de água, a porção potável destinada ao consumo humano é muito pequena em comparação a todo volume de água existente, estando ainda predisposta a degradação pelo homem devido a industrialização e agricultura. O presente trabalho analisou parâmetros físicos, químicos e microbiológicos da água bruta da estação de tratamento (ETA) do município de Bandeirantes – PR nos seus seis pontos de captação (Rio das Cinzas - RC; quatro pontos do Aquífero Guarani – (AG) 1; 2; 3 e 4; e Poço Artesiano Sertãozinho - PAS), comparando entre as estações do ano em três anos consecutivos. Foram avaliados pH, turbidez, alcalinidade, matéria orgânica, oxigênio dissolvido, bactérias heterotróficas, coliformes totais e fecais. Os resultados demonstraram que RC apresentou pH, próximo a neutralidade variou de 7,0 a 8,0, enquanto no ponto PAS teve intervalo de 6,9 a 8,0, e nos aquíferos valores com pH mais elevados entre 8,0 e 9,6, isto é, também superiores em comparação ao ponto RC. Da mesma maneira, a alcalinidade foi superior nos aquíferos com intervalos de 75-163 mg/ml  $\text{CaCO}_3$  entre eles, e o PAS variou de 109-130 mg/mL  $\text{CaCO}_3$  em comparação ao RC, que teve valores inferiores de 46-55 mg/mL  $\text{CaCO}_3$ . O oxigênio dissolvido no RC obteve valores superiores que variaram de 5,45-16,2 mg/mL, enquanto nos aquíferos AG1; AG2; AG3 e AG4 de 0,56-8,50 mg/ml, e PAS variou de 4,39-14,9 mg/ml, assim como para MO, turbidez e cor. Quanto as análises de bactérias heterotróficas, somente o RC apresentou valores que variaram de 198,5-1000 UFC/ml, sendo estes superiores ( $p < 0,05$ ) e seguidos pelos pontos AG1 0-350; AG2 0-71; AG3 3-71; AG4 0-60 UFC/ml e PAS 1-68 UFC/ml. As análises de coliformes totais também são mais elevados no ponto RC (23,5-400 unidades/100mL), diferentemente dos AG1; AG2; AG3 e AG4, nos quais não foram encontrados coliformes totais, enquanto no ponto PAS observou-se no máximo 27 unidades/100ml. A mesma resposta foi verificada quanto aos coliformes fecais, onde o RC com análises de 59-920 unidades/100 ml presentes, foi superior aos pontos AG1; AG2; AG3 e AG4 e PAS, os quais não apresentaram contaminação. Tais parâmetros são mais influenciados no período das chuvas, ou seja, primavera e verão. Os dados de análise de agrotóxicos na água tratada demonstraram-se satisfatórios perante a legislação. Conclui-se, com este estudo que a água bruta do RC apresenta variações de acordo com as estações do ano e necessita de um tratamento mais complexo para sua utilização destinada ao consumo da população do município em questão.

**Palavras-chave:** pH; oxigênio dissolvido; agrotóxicos; saúde pública.

## ARTICLE - EVALUATION OF THE GROUNDWATER POTABILITY OF THE MUNICIPALITY OF BANDERANTES-PR

### 1. ABSTRACT

Even if our planet is filled with water, the potable portion destined for human consumption is very small compared to any existing water volume, and is still predisposed to degradation by man due to industrialization and agriculture. The present work analyzed the physical, chemical and microbiological parameters of the raw water of the treatment plant (ETA) of the municipality of Bandeirantes - PR at its six catchments (Rio das Cinzas - RC, four points of the Aquifer - AG1; and 4, and Poço Artesiano Sertãozinho - PAS), comparing the seasons of the year in three consecutive years. pH, turbidity, alkalinity, organic matter, dissolved oxygen, heterotrophic bacteria, total and fecal coliforms were evaluated. The results showed that RC had pH, close to neutrality ranged from 7.0 to 8.0, while in the PAS point it had a range of 6.9 to 8.0, and in the aquifers values with pH higher between 8.0 and 9, 6, is also higher in comparison to the RC point. In the same way, alkalinity was higher in aquifers with intervals of 75-163 mg/ml CaCO<sub>3</sub> between them, and PAS ranged from 109-130 mg/ml CaCO<sub>3</sub> compared to RC, which had values lower than 46-55 mg / ml CaCO<sub>3</sub>. The oxygen dissolved in the RC obtained higher values ranging from 5.45-16.2 mg / ml, while in the aquifers AG1; AG2; AG3 and AG4 of 0.56-8.50 mg / ml, and PAS ranged from 4.39-14.9 mg / mL, as well as for OM, turbidity and color. In the analysis of heterotrophic bacteria, only RC showed values ranging from 198.5-1000 UFC / ml, which were higher ( $p < 0.05$ ) and followed by AG1 0-350; AG2 0-71; AG3 3-71; AG4 0-60 UFC / ml and PAS 1-68 UFC / ml. The total coliform analyzes are also higher at the RC point (23.5-400 units / 100ml), unlike the AG1; AG2; AG3 and AG4, in which no total coliforms were found, whereas at the PAS point a maximum of 27 units / 100mL was observed. The same response was verified for fecal coliforms, where the CR with analyzes of 59-920 units / 100mL present, was superior to the AG1 points; AG2; AG3 and AG4 and PAS, which did not present contamination. Such parameters are more influenced in the rainy season, that is, spring and summer. Data on the analysis of pesticides in treated water were satisfactory under the legislation. It is concluded that, with this study, the crude water of the CR presents variations according to the seasons of the year and requires a more complex treatment for its use destined to the consumption of the population of the municipality in question.

**Keywords:** pH; dissolved oxygen; pesticides; public health.

### 3. INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes do planeta, mas devido o aumento da população e aos fatos atrelados a esse crescimento ocorre degradação deste recurso por causa de vários fatores como agricultura, abastecimento público, pecuária, indústria, geração de energia, saneamento básico e lazer (ZHANG et al., 2010; FAO, 2015). Mesmo que a água seja uma substância abundante no planeta, apenas 2,7% do total disponível é doce, e quase 70% desta encontram-se na forma de gelo, e aproximadamente 30% em águas subterrâneas e 0,3% em mananciais superficiais (GARCIA, 2013).

No mundo a água doce potável não se encontra disponível igualmente para todas as pessoas (ROHDEN et al., 2009), estando distribuída de forma desigual tanto entre os tipos de mananciais, como entre as regiões e intrarregionalmente (AUGUSTO et al., 2012). Possuir acesso à água potável é uma necessidade básica e essencial para o bem estar da população e existem muitos países que enfrentam sérios problemas quanto à disponibilidade de água, tendo até que importar para consumo humano, tornando esse um recurso cada vez mais disputado (MAZEPA, 2012).

Com relação ao Brasil, a disponibilidade de água doce potável é cerca de 12% do Planeta (AUGUSTO et al., 2012), mas está sendo contaminado em vários locais do país, devido aos processos de urbanização, industrialização e dos produtos agrícolas (MAZEPA, 2012). De acordo com a Constituição Brasileira de 1988, o fornecimento de água sem riscos para a saúde humana é uma responsabilidade do poder público. Existem diversos programas governamentais vinculados ao Ministério da Saúde, implantados através da Secretaria de Vigilância em Saúde, que buscam minimizar seus danos à saúde da população nas últimas décadas (BRASIL, 2009).

O monitoramento da qualidade da água bruta e tratada fornece dados para a gestão e redução dos riscos para a saúde pública, por existir muitas enfermidades transmitidas pela água (SANTOS et al., 2010). Dentre as principais doenças relacionadas a ingestão de água contaminada, temos a cólera, febre tifoide e hepatite. As doenças gastrintestinais e diarreicas agudas, além das parasitárias como a Ameba, Giárdia, *Cryptosporidium* e *Cyclospora* (DDTHA/CVE, 2009).

Com relação aos parâmetros microbiológicos analisa-se os microrganismos patogênicos, como coliformes totais, *Escherichia coli* ou coliformes termotolerantes que devem estar ausentes em alíquotas de 100 ml, bem como estipula o limite de 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por ml para microrganismos heterotróficos (BRASIL, 2017).

Diante disso, o presente trabalho objetivou analisar o histórico de três anos da potabilidade da água bruta captada no município de Bandeirantes, a qual se destina ao tratamento e posterior consumo humano.

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido em parceria com o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) localizado no município de Bandeirantes - PR (latitude 23,09° S, longitude 50,34° W e altitude de 420m). As coordenadas dos pontos: AG1 - 7444400 N 565000 E, AG2 - 7445212 N 564786 E , AG3 - 7442655 N 562856 E , AG4 - 7466074 N 563973 E, Distrito Nossa Senhora da Candelária 'Sertãozinho' (PAS). - 74399115 N 576291 E e a Captação - 7448000 N 565250 E.

A SAAE possui seis pontos de captação de água no município, sendo quatro deles poços profundos (AG1 - Aquífero Guarani 1: 500 metros; AG2 - Aquífero Guarani 2: 600 metros; AG3 - Aquífero Guarani 3: 670 metros; AG4 - Aquífero Guarani 4: 600 metros), além da captação e tratamento da água bruta do Rio das Cinzas (RC) e de um poço artesiano (250 metros de profundidade) no Distrito Nossa Senhora da Candelária 'Sertãozinho' (PAS). Seguindo as análises de rotinas dos seis pontos de captação descritos acima, visando atender a Portaria em questão, foram analisados os dados de junho/2015 a maio/2016; junho/2016 a maio/2017 e junho/2017 a maio/2018, bem como dentro das estações do ano. Desta maneira, a pesquisa resultou num delineamento fatorial 6 x 3 x 4, sendo estes pontos de coletas x três anos x quatro estações do ano.

As análises das amostras foram realizadas de acordo com as normas e/ ou metodologias nacionais/internacionais vigentes, (Consolidação nº5/2017 - Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art 22):

Standard Methods for the examinations of Water and Wastewater de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF) (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art 22,I), United States Environmental Protection Agency (USEPA) (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art 22, II), Normas publicadas pela International Standardization Organization (ISO) (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art 22, III), e metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (Brasil, 2017) (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, Art 22, IV).

As coletas para a realização de análises físico-químicas foram realizadas em frascos de polietileno, limpos e secos, com o volume de um litro, devidamente vedados, identificados, tendo-se o cuidado de enxaguá-lo duas a três vezes com a água a ser coletada e completar o volume da amostra (FUNASA, 2014). As análises físico químicas realizadas nas amostras foram pH (potencial hidrogeniônico), alcalinidade, dureza, matéria orgânica, oxigênio dissolvido, turbidez e cor.

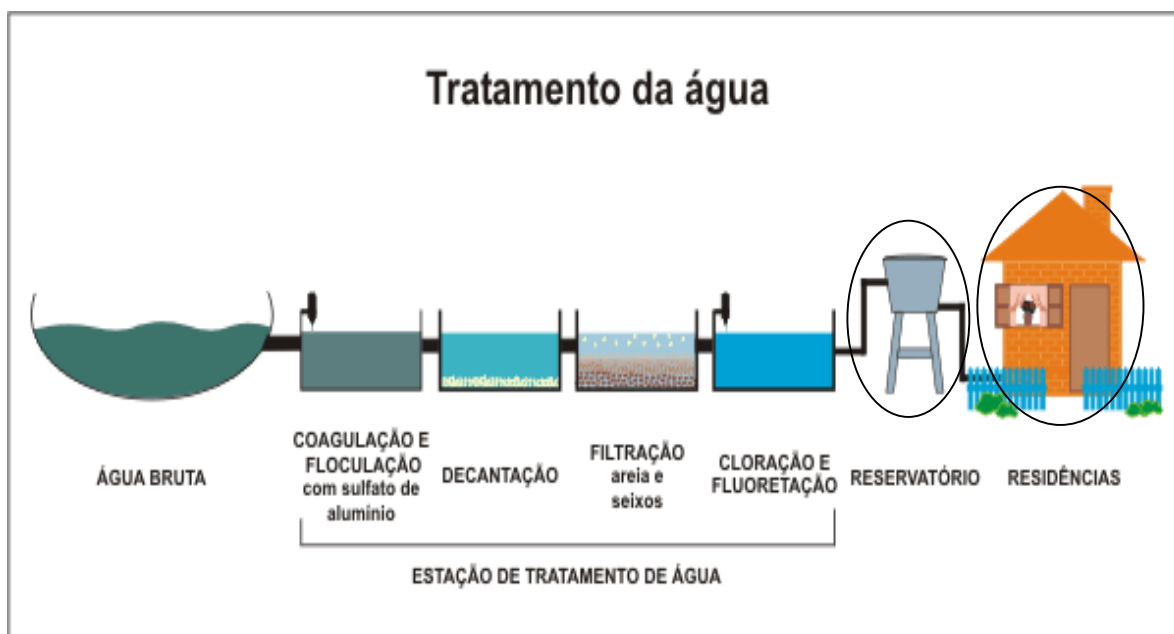
Já para as análises microbiológicas, as amostragens foram feitas utilizando-se frascos de vidro neutro ou bolsas plásticas estéreis, não tóxico, boca larga e tampa a prova de vazamento, com o volume de 250 ml. O período entre a coleta da amostra e o início das análises bacteriológicas não ultrapassaram o período de 24 horas e a sua conservação foi feita em refrigeração a uma temperatura de 2 a 10° C. Antes da esterilização do frasco de coleta para amostras tratadas, foi adicionado ao mesmo 0,1 ml de uma solução de tiosulfato de sódio a 1,8% (agente neutralizador de cloro residual), quando não vier previamente no recipiente de coleta ( FUNASA, 2014).

As análises de bactérias heterotróficas foram realizadas transferindo 1,0 ml da amostra para uma placa de Petri onde foi adicionado o meio de cultura Plate Count Ágar. Após o meio de cultura se solidificar, as placas contendo as amostras foram incubadas em posição invertida a 35 °C durante 24/48 horas. Passado o período de incubação foi realizado a contagem das colônias de bactérias com o auxílio do contador de colônias (FUNASA, 2014).

Os parâmetros físico-químicos como pH, turbidez, e cloro foram realizados utilizando equipamentos específicos como o pHmetro de bancada, turbidímetro e fotômetro. Para análise de alcalinidade utilizou-se o método volumétrico de neutralização, para dureza, a titulometria por complexação, para oxigênio dissolvido utilizou-se um oxímetro e a cor e flúor sou-se o método colorimétrico, segundo metodologia definida pela metodologia Standard Methods for the examinations of Water and Wastewater (APHA, 2017).

As análises de agrotóxicos são realizadas na água tratada, por empresa terceirizada contratada para tal fim, sendo que funcionários da mesma coletam semestralmente amostras no reservatório dentro da SAAE, o qual representa o Rio das Cinzas, e pontos que representa cada local de captação dos Aquífero. As amostras são realizadas em frascos de polietileno, refrigeradas e encaminhadas para análise no laboratório. São determinadas as presenças de vários agrotóxicos (Anexo 2), porém, no presente trabalho serão abordados o ácido diclorofenoxiacético (2,4 D +2,4,5 T); atrazina; diclorodifeniltricloroetano (DDT +DDD+DDE); glifosato e ácido aminometilfosfônico (Glifosato+AMPA) e mancozebe, por serem os mais utilizados pela agropecuária no município.

Figura 1– Pontos de coleta para análise de agrotóxicos fazer os círculos



Fonte: google

Os círculos na imagem, representam os pontos de coleta.

A normalidade dos dados da potabilidade da água e os pressupostos da análise de variância serão verificados, e posteriormente aplicado as interações dos fatores analisados e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância, bem como realizadas as correlações. Já para os dados dos agrotóxicos, estes serão apresentados por meio de estatística descritiva.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação média do pH (potencial Hidrogeniônico) nas águas dos aquíferos e águas subterrâneas (Tabela 1), nota-se que de maneira geral a água do rio das cinzas (RC) tem valores próximos a neutralidade ( $\text{pH} = 7,0$ ), semelhantes ao do poço artesiano Sertãozinho (PAS) e inferiores ( $P < 0,05$ ) aos encontrados no aquíferos (Tabela 1). O pH, do RC variou de 7,0 a 8,0, do PAS de 6,9 a 8,0, enquanto do AG1; AG2; AG3 e AG4 de 8,8 - 9,6; 8,1 - 9,3; 8,0 - 9,2 e 8,5 - 9,5, respectivamente, demonstrando serem mais alcalinos que os dois primeiros. Os resultados encontrados são consistentes, uma vez que as respostas independentemente das estações do ano e do ano em análise foram os mesmos.

O pH é uma medida da concentração de íons de hidrogênio em uma solução, ou seja, expressa o grau de acidez ou basicidade de uma solução, representando a concentração ativa de

íons de hidrogênio (H<sup>+</sup>). Nas águas de abastecimento, os baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade, enquanto valores elevados aumentam a possibilidade de incrustações. Assim, o pH da água precisa ser controlado, possibilitando que os carbonatos presentes sejam equilibrados, para que não ocorra nenhuma das consequências citadas (BRASIL, 2006; REDA, 2016; MELO, 2016). O valor ideal para este parâmetro deve ser em torno de 6,0-9,5.

Propriedades do solo, presença de ácidos húmicos ou uma atividade fotossintética intensa, despejos domésticos e industriais, atuam de forma a diminuir ou aumentar os valores do pH em ambiente líquido. Mesmo não tendo influência direta sobre a saúde dos consumidores, o pH é um dos mais relevantes parâmetros de qualidade da água, principalmente no controle do processo de coagulação, uma das etapas mais importantes do processo de tratamento da água. Portanto, o seu controle faz-se necessário em todas as fases de tratamento para se garantir um produto com a clarificação e desinfecção apropriadas (VON SPERLING, 1996; BRASIL, 2006; 2011; 2014b), constando que os resultados do presente trabalho estão dentro dos valores aceitáveis.

Tabela 1. Avaliação da média do pH dos diferentes pontos de captação de água nas estações do ano em três anos de avaliações.

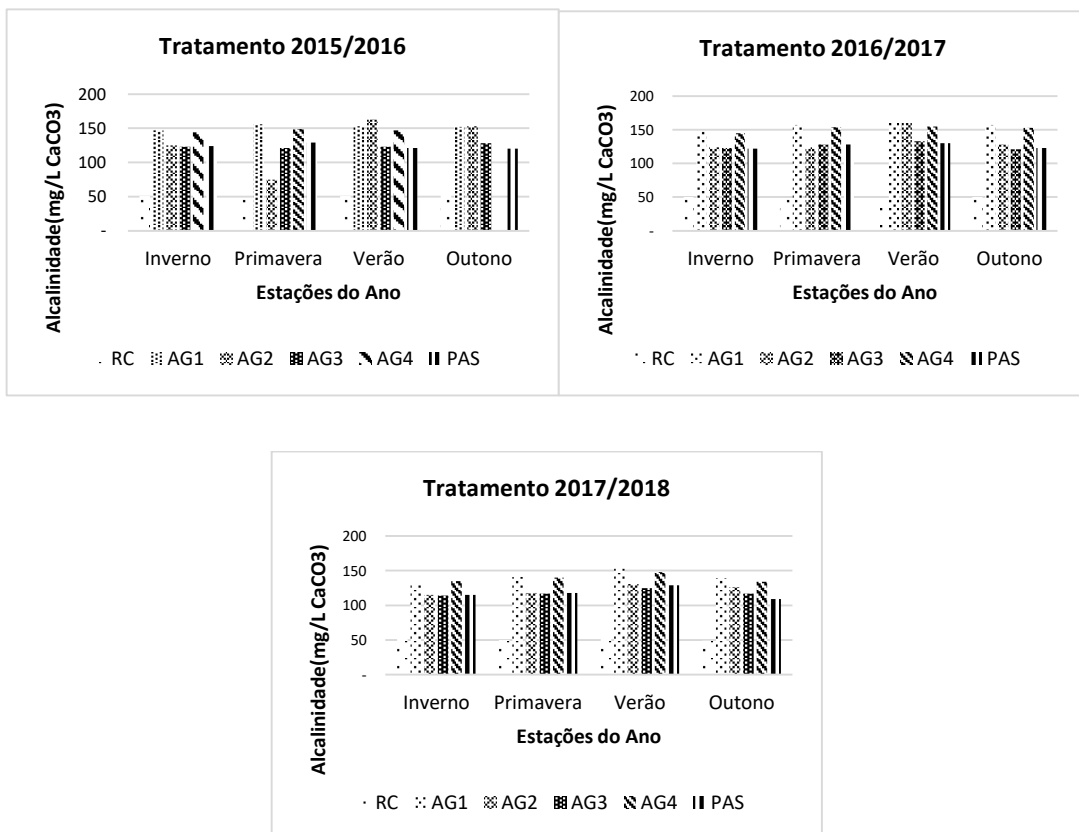
Período	pH											
	2015/2016				2016/2017				2017/2018			
	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
<b>RC</b> <sup>1</sup>	7,2 b	7,0 c	7,4 c	7,6 c	7,5 d	7,1d	7,4 c	7,4 b	7,4 a	8,0 c	7,9 c	7,6 b
<b>AG1</b> <sup>2</sup>	9,4 a	8,8 a	9,0 a	9,6 a	9,2 a	9,2 a	9,2 a	9,0 a	9,1a	9,2 a	9,2 a	9,2 a
<b>AG2</b> <sup>3*</sup>	8,3 ab	6,9 c	9,0 a	9,6 a	8,4 b	8,2 bc	x	x	8,4 a	8,3 bc	8,4 b	8,6 a
<b>AG3</b> <sup>4</sup>	8,9 a	8,0 b	8,2 b	8,8 ab	8,6 b	8,5 b	9,2 a	8,2 ab	8,5 a	8,5 b	8,4 b	8,5 a
<b>AG4</b> <sup>5</sup>	9,5 a	8,7 a	8,9 a		9,2 a	9,2 <sup>a</sup>	8,5 b	8,9 a	9,1a	9,1a	9,2 a	9,1a
<b>PAS</b> <sup>6</sup>	7,7 b	6,9 c	7,4 c	8,0 bc	8,0 d	7,8 d	7,8 c	7,5 b	7,7 a	7,9 c	7,8 c	7,6 b

<sup>1</sup>Rio das cinzas; <sup>2</sup>Aquífero Guarani 1; <sup>3</sup>Aquífero Guarani 2; <sup>4</sup>Aquífero Guarani 4; <sup>5</sup>Aquífero Guarani 5; <sup>6</sup>Poço Artesiano. Letras minúsculas na coluna indicam diferenças (P<0,05).

Com relação à análise de alcalinidade (Gráfico 1), nota-se superior (p<0,05) alcalinidade dos aquíferos, AG1; AG2; AG3 e AG4 de 130-161; 75-163; 114-160 e 114-155 mg/lCaCO<sub>3</sub>, respectivamente. Já para o PAS que variou de 109-130 mg/l CaCO<sub>3</sub>, enquanto na água superficial do RC variou de 46-55 mg/ CaCO<sub>3</sub> demonstrando menor alcalinidade em relação aos outros pontos citados (Gráfico 1). A alcalinidade alta dos aquíferos relaciona-se com o pH alto também encontrado nos valores dos aquíferos, já demonstradas acima.

Nos resultados obtidos para as amostras testadas nos seis pontos o parâmetro químico alcalinidade total, expresso em  $\text{mg/l}^{-1}$  de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), nenhum dos seis pontos de coleta apresentaram valores acima de  $500 \text{ mg/l}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , ficando na faixa de 46 a  $163 \text{ mg/l}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . O AG2 foi o local em que encontrou a alcalinidade em maior nível,  $163 \text{ mg/l}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ , já o ponto RC apresentou os menores índices de alcalinidade, expressando valores de  $46\text{-}55 \text{ mg/L}^{-1}$   $\text{CaCO}_3$ . A maioria das águas naturais apresentam valores de alcalinidade na faixa de 30 a  $500 \text{ mg/l}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  (BRASIL, 2006; PEREIRA et al., 2010), tendo os seis pontos analisados, em concentrações moderadas e dentro da faixa de referência. Portanto, evidenciou-se que as águas analisadas com relação ao parâmetro alcalinidade, os resultados apresentados não apresentam impacto sobre a potabilidade, assim como é incapaz de causar danos à saúde humana.

Gráfico 1. Avaliação da média da alcalinidade nos diferentes pontos de captação de água nas estações do ano em três períodos de avaliações.



RC: Rio das cinzas; AG1 Aquífero Guarani1; AG 2: Aquífero Guarani 2; AG 3: Aquífero Guarani 3; AG 4: Aquífero Guarani 4; PAS: Poço Artesiano.

Já para turbidez, conforme o Tabela 2, os valores no RC variaram, de 45-261uT sendo superiores aos encontrados nos aquíferos AG1; AG2; AG3 e AG4 de 0,23-0,41; 0,30-0,87; 0,22-

1,56 ; 0,21-042 uT ,respectivamente, e no PAS que variou de 0,23-0,68 uT. Tais valores determinados se justificam, já que o rio apresenta muitas partículas que a tornam turva (sedimentos, microrganismos, entre outros), e em épocas de chuva, essa turvação fica mais acentuada.

A turbidez é um parâmetro que indica interferência no aspecto visual da água, relacionando-se com as partículas sólidas presentes na coluna d'água, interferindo assim na sua transparência. Dessa maneira, elevados valores de turbidez demonstram que existe um alto conteúdo orgânico e inorgânico, formando matéria coloidal em suspensão, conteúdos estes que podem ser utilizados como substrato ao desenvolvimento e/ou forma de proteção de microrganismos, inferindo na qualidade do tratamento aplicado neste recurso (BRASIL, 2006). Em águas subterrâneas, a turbidez pode se formar devido às partículas de argila ou giz, assim como ferro reduzido, por exemplo.

Contudo, nas águas de superfície como o RC, existe uma grande variedade de partículas que podem ocasionar uma alta turbidez, influenciando na qualidade da água, devido a presença de microrganismos combinados. Em sistemas de distribuição a alteração da turbidez ocorre por sedimentos presentes ou biofilmes, além de defeitos no sistema ocasionando a incorporação de água não tratada. (VON SPERLING, 1996; BRASIL). De acordo com Brasil (2011), os valores de turbidez iguais ou abaixo de 5,0 UT são aceitáveis para água direcionada ao consumo humano. Entretanto, menores valores são essenciais para propiciar a remoção de microrganismos que são resistentes à cloração (BRASIL, 2011). Em análise com a cor, esse parâmetro se torna bastante relevante, pois estes parâmetros físicos estão associados ao aspecto visual deste recurso, tendo importante papel na aceitação final do consumidor.

O resultado elevado de turbidez no ponto RC demonstra a necessidade da realização de tratamento antes do consumo dessa água pelas famílias abastecidas por essas águas, objetivando a melhoria do acesso à água de qualidade. Existem outras desvantagens perceptíveis com o aumento da turbidez das águas, como alterações no ecossistema aquático (BUZELLI; CUNHA-SANTINO, 2013) e perdas de cunho financeiro, devido ao entupimento de emissores para irrigação, relacionando-se diretamente com a qualidade da água (RIGOBELLO et al., 2009). Somado a isso, é importante salientar que em épocas de chuvas (primavera e verão), os valores de turbidez aumentaram, o que se observa no RC, o qual é susceptível a ação do meio externo.

Tabela 2. Avaliação da média de turbidez nos diferentes pontos de captação de água nas estações do ano em três períodos de avaliações.

Período	Turbidez ( uT)											
	2015 / 2016				2016 / 2017				2017 / 2018			
	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
RC <sup>1</sup>	240 a	124 a	78 a	74 a	45 a	261 a	119 a	93,45 a	174 a	45 a	26 a	12,81 a
AG1 <sup>2</sup>	0,34 b	0,31 b	0,28 a	0,40 a	0,29 b	0,30 b	0,27 a	0,41 a	0,43 a	0,34 b	0,41 a	0,23 a
AG2 <sup>3</sup>	0,51 b	0,87 b	0,53 a	0,47 a	0,84 b	0,30 b	0,31 a	0,37 a	0,32 a	0,40 b	0,39 a	0,31 a
AG3 <sup>4</sup>	0,37 b	0,38 b	1,56 a	0,60 a	0,28 b	0,29 b	0,22 a	0,46 a	0,30 a	0,29 b	0,30 a	0,34 a
AG4 <sup>5</sup>	0,48 b	0,33 b	0,29 a		0,29 b	0,21 b	0,22 a	0,35 a	0,42 a	0,41 b	0,36 a	0,23 a
PAS <sup>6</sup>	0,44 b	0,32 b	0,31 <sup>a</sup>	0,68 a	0,32 b	0,23 b	0,24 a	0,28 a	0,37 a	0,38 b	0,48 a	0,24 a

<sup>1</sup>Rio das cinzas; <sup>2</sup>Aquífero Guarani 1; <sup>3</sup>Aquífero Guarani 2; <sup>4</sup>Aquífero Guarani 4; <sup>5</sup>Aquífero Guarani 5; <sup>6</sup>Poço Artesiano. Letras minúsculas na coluna indicam diferenças (P<0,05).

Com relação as análises das médias dos valores de matéria orgânica (Tabela 2), os valores superiores (p<0,05) foram observados no ponto RC com 0,58–6,83 mg l<sup>-1</sup>, enquanto que nos aquíferos AG1; AG2; AG3 e AG4 de 1,0-1,17; 0-3,5 e 0-1,1 mg l<sup>-1</sup>, respectivamente, os valores de matéria orgânica são menores e semelhantes ao PAS que variou 0,1-2,07 mg l<sup>-1</sup> (Tabela 3). Este parâmetro, não tem valores definidos e relaciona-se com a turbidez, já que está envolvido com a quantidade de material a ser decomposto pelas bactérias que possam estar nessas amostras, tornando-a mais contaminada, assim como possuir uma cor mais elevada. Além disso, a exposição ao meio externo do RC favorece a sua contaminação e, conseqüentemente, valores maiores de matéria orgânica na amostra.

Tabela 3. Avaliação da média dos valores de matéria orgânica (MO) nos diferentes pontos de captação de água nas estações do ano em três períodos de avaliações.

Período	MO ( mg L <sup>-1</sup> )											
	2015 / 2016				2016 / 2017				2017 / 2018			
	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
RC <sup>1</sup>	6,83 a	5,57 a	3,77 a	4,17 a	3,5 a	0,58 a	4,4 a	4,12 a	5,3 a	2,8 a	2,0 a	2,4 a
AG1 <sup>2</sup>	0,90 b	1,17 b	0,57 b	0,13 a	0,47 b	0,17 b	0,25 a	0,27 b	0,2 a	0,3 a	2,1 a	0,1 b
AG2 <sup>3</sup>	0,84 b	2,85 ab	0,33 b	0,00 a	0,50 b	0,23 b	0,7 a	0,27 b	3,5 a	0,4 a	0,3 a	0,1 b
AG3 <sup>4</sup>	0,60 b	1,10 b	0,27 b	0,10 a	0,33 b	0,20 b	0,5 a	0,57 b	0,0 a	2,5 a	0,2 a	0,1 b
AG4 <sup>5</sup>	0,47 b	1,03 b	0,20 b		0,0 b	0,30 b	0,7 a	0,20 b	0,0 a	0,4 a	0,4 a	0,1 b
PAS <sup>6</sup>	1,03 b	1,06 b	0,50 b	2,07 a	0,40 b	0,33 b	0,5 a	0,46 b	0,1 a	0,5 a	0,5 a	0,6 b

<sup>1</sup>Rio das cinzas; <sup>2</sup>Aquífero Guarani 1; <sup>3</sup>Aquífero Guarani 2; <sup>4</sup>Aquífero Guarani 4; <sup>5</sup>Aquífero Guarani 5; <sup>6</sup>Poço Artesiano. Letras minúsculas na coluna indicam diferenças (P<0,05).

Na avaliação das médias dos valores de oxigênio dissolvido (OD), o tabela 3 observa-se valores maiores (p<0,05) no RC, que variou de 5,45-16,2 mg/l, enquanto nos aquíferos AG1;

AG2; AG3 e AG4 apresentaram valores menores respectivamente, 2,01-7,0; 3,45-12,8; 0,58-16,0; 2,57-8,50 mg/l, e PAS variou de 4,39-14,9 mg/l (Tabela 5).

O OD representa o grau de arejamento da água e este aumenta conforme a superfície em contato com o ar, o que não ocorre com a água subterrânea. Este parâmetro diminui por meio de dois fatores, sendo primeiro decorrente do aumento da temperatura, onde as temperaturas são mais elevadas, além de diminuir sua presença a medida que a profundidade aumenta, ambos fatores bem caracterizados nos aquíferos. Já no RC os valores de OD são mais elevados, visto que existe maior contato com o ar atmosférico e movimentação das águas, porém, importante destacar que não são exigidos valores limites nesta variável para análise da potabilidade da água.

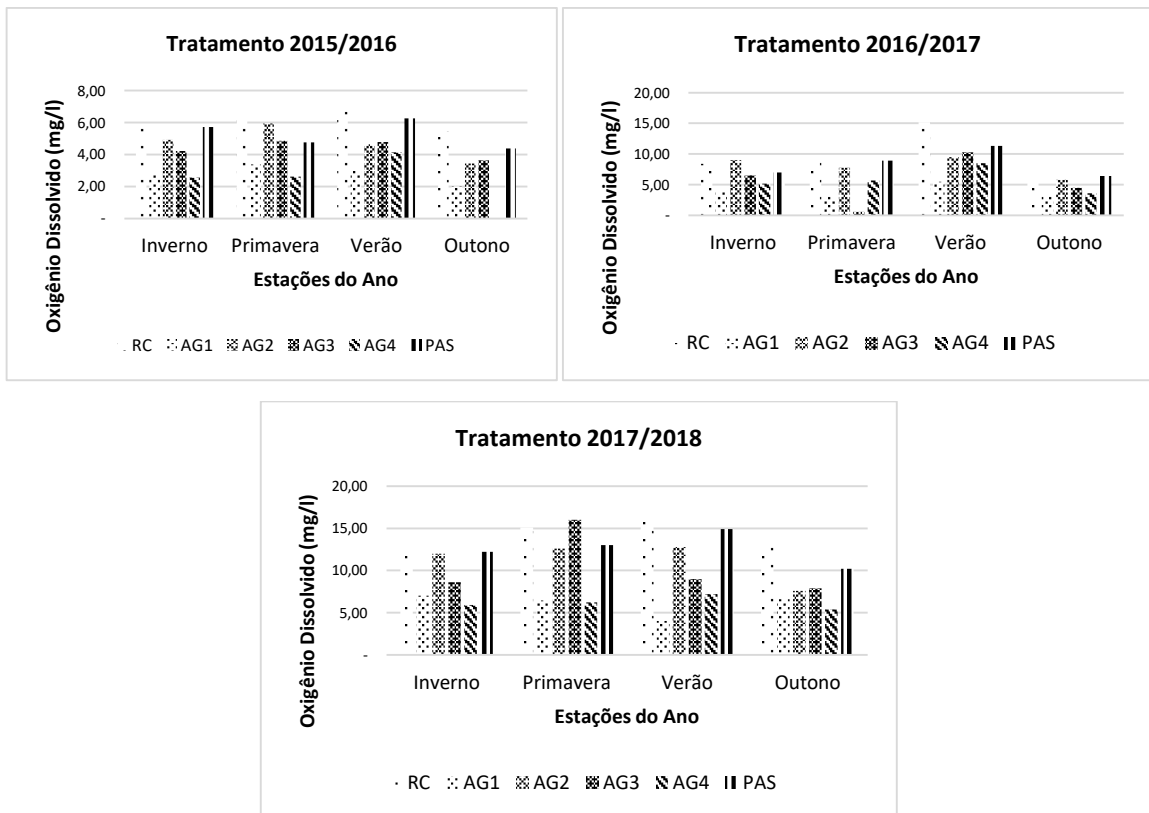
O OD é importante para a caracterização do estado de saúde do corpo hídrico, servindo para a determinação dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos. Um dos principais responsáveis pela elevação do consumo de oxigênio dissolvido são os microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica (SPERLING, 1996). O Consumo de oxigênio é um dos problemas mais sérios do aumento do teor de matéria orgânica, pois provoca desequilíbrio ambiental, podendo levar à extinção dos organismos aeróbios. Valores elevados de matéria orgânica podem ainda provocar problemas como cor, odor, turbidez, por exemplo.

A análise de OD é recomendada quando o objetivo é avaliar a qualidade de um ecossistema aquático. Portanto, é crucial para manutenção da vida aquática e de processos de autodepuração em sistemas aquáticos naturais e estações de tratamento de esgotos. Assim, a aeração da água é um ótimo indicador da qualidade da água e seu teor varia principalmente de acordo com a temperatura, com a altitude, tratamento e química ou processos biológicos que ocorrem no sistema de distribuição. Dessa forma, quanto maior sua concentração, melhor a qualidade da água, onde bactérias aeróbias podem vir a fazer o seu uso no processo de degradação da matéria orgânica presente, tendo como consequência a redução de sua concentração no meio, e sendo posteriormente eliminadas pela cloração. Em contrapartida, os mesmos valores elevados podem vir a causar a corrosão de tubos de metal, oxidando-os (VON SPERLING, 1996; WHO, 2011; BRASIL, 2014b).

Não existem valores máximos recomendados de OD para água de consumo humano, mas como norteador deste para avaliação da qualidade da água, Resolução CONAMA nº 357

de 17 de março de 2005 divide os corpos de água em classes e assim define diretrizes ambientais para o seu enquadramento. (CONAMA, 2005). As águas doces são divididas em classes com valores de oxigênio dissolvido correspondentes. A classe 1, destina-se ao consumo humano, após tratamento simplificado, tem valores não inferiores a 6 mg/l O<sub>2</sub>; A Classe 2, destina-se ao consumo humano, após tratamento convencional, tem valores não inferiores a 5,0 mg/l O<sub>2</sub>; A Classe 3, ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, tem valores não inferiores a 4 mg/l O<sub>2</sub>; e a Classe 4, destinadas à navegação, tem valores superiores a 2,0 mg/l O<sub>2</sub> (CONAMA, 2005). Os resultados para OD dos pontos de captação de água do município de Bandeirantes caracterizam a mesma como água de qualidade.

Gráfico 2. Avaliação das médias dos valores de oxigênio dissolvido (OD) nos diferentes pontos de captação de água nas estações do ano em três períodos de avaliações.



RC: Rio das cinzas; AG1 Aquífero Guarani 1; AG 2:Aquífero Guarani 2; AG 3:Aquífero Guarani 3; AG 4:Aquífero Guarani 4;PAS: Poço Artesiano

A Dureza total é um parâmetro químico expresso em mg de CaCO<sub>3</sub>/l (Tabela 4), que indica a concentração de cátions multivalentes em solução na água. No presente trabalho apresentaram valores superiores ( $p < 0,05$ ) no ponto PAS (68-90 mg de CaCO<sub>3</sub>/l) e RC (41-54 mg de CaCO<sub>3</sub>/l), e pelo AG2 que variou de 9-85 (mg de CaCO<sub>3</sub>/l), que caracterizam presença mais acentuada de sais de cálcio e magnésio nessas águas, enquanto oAG1; AG3 e AG4 foi de 0-14(mg de CaCO<sub>3</sub>/l); 9 -39 (mg de CaCO<sub>3</sub>/l);4-16(mg de CaCO<sub>3</sub>/l, como água mole,

moderadamente dura, dura e muito dura, variando de 0 a valores superiores a 300mg de  $\text{CaCO}_3/\text{l}$ , constatando que as amostras apresentam valores baixos de dureza, o que portanto não acarreta risco que incrustações de sais nas tubulações e nem riscos a população que irá consumir.

Os cátions que são frequentemente associados à dureza são os de cálcio e magnésio ( $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ) e, em menor escala, ferro ( $\text{Fe}^{+2}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{+2}$ ), estrôncio ( $\text{Sr}^{+2}$ ) e alumínio ( $\text{Al}^{+3}$ ). A origem da dureza das águas pode ser natural (por exemplo, dissolução de rochas calcárias, ricas em cálcio e magnésio) ou antropogênica (lançamento de efluentes industriais) (BRASIL, 2006b; BRASIL, 2014). A manutenção do grau de dureza em limites aceitáveis é relevante, já que águas com elevada dureza provocam incrustações nas tubulações de água quente, caldeiras e aquecedores, pois ocorre à precipitação dos cátions em altas temperaturas, o que é convertido em prejuízo aos sistemas de abastecimentos e, conseqüentemente, a população que faz uso desta água.

Tabela 4. Avaliação das médias dos valores de dureza nos diferentes pontos de captação de água nas estações do ano em três períodos de avaliações.

Período	Dureza (mg de $\text{CaCO}_3/\text{L}$ )											
	2015 / 2016				2016 / 2017				2017 / 2018			
	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono	Inverno	Primavera	Verão	Outono
RC <sup>1</sup>	47 bc	45 ab	54 a	48 b	45 c	45 b	49 a	51 bc	41 ab	46 ab	44 b	49 abc
AG1 <sup>2</sup>	0 d	0 b	0 b	0 c	2 e	0 d	0 b	0 d	14 b	0,0 b	0,0 c	0,0 c
AG2 <sup>3</sup>	80 ab	70 ab	13 b	15 c	55 b	85 a	9 b	77 ab	45 ab	43 ab	64 ab	55 ab
AG3 <sup>4</sup>	22 cd	23 b	18 b	19 c	19 b	25 bc	20 b	23 cd	9 b	39 ab	19 c	20 abc
AG4 <sup>5</sup>	12 cd	15 b	15 b	x	15 d	12 cd	14 b	16 d	4 b	11 ab	12 c	11 bc
PAS <sup>6</sup>	86 a	103 a	75 a	71 a	76 a	73 a	75 a	90 a	79 a	68 a	68 a	70 a

<sup>1</sup>Rio das cinzas; <sup>2</sup>Aquífero Guarani 1; <sup>3</sup>Aquífero Guarani 2; <sup>4</sup>Aquífero Guarani 4; <sup>5</sup>Aquífero Guarani 5; <sup>6</sup>Poço Artesiano. Letras minúsculas na coluna indicam diferenças ( $P < 0,05$ ).

Com relação ao parâmetro cor, os valores se apresentam elevados no RC, que variaram de 0-3010 uH (Unidade Hazen), enquanto nos AG1; AG2; AG3 e AG4 foi 0,0 uH e no PAS variou de 0-2 uH. O RC é o ponto onde a turbidez também se apresentou elevada, uma vez que carrega muito sedimento e matéria orgânica que promovem a elevação dos resultados dessas análises.

A cor apesar de não causar riscos à saúde, quando apresenta grandes alterações acarreta rejeição pelo consumidor, pois a água pura se apresenta incolor. Esse parâmetro indica a presença de material em suspensão ou dissolvido na água (coloides), de forma natural, com a decomposição de matéria e minerais ou de origem antropogênica, por resíduos industriais e esgoto doméstico (BRASIL, 2014b). Este parâmetro possui como valor máximo permitido

(VMP) 15uH, estando o RC com variações que em determinados momentos ficam bem acima do mesmo (como primavera e verão, em épocas de chuvas), concomitante com os valores elevados de matéria orgânica e turbidez, já que são parâmetros que se correlacionam.

Quanto as análises de bactérias heterotróficas, somente o RC apresentou valores que variaram de 198,5-1000 UFC/ml, sendo estes superiores ( $p < 0,05$ ) e seguidos pelos pontos AG1 0-350; AG2 0-71; AG3 3-71; AG4 0-60 UFC/ml e PAS 1-68 UFC/ml. Resultado aceitável é até 500UFC/mL(BRASIL, 2017), sendo que esses resultados encontrados para o RC provavelmente estão relacionados com os valores de matéria orgânica já descritos, uma vez que servem de substratos para o crescimento bacteriano.

Quando utilizados como indicadores da qualidade água a contagem de bactérias heterotróficas têm uma ampla gama de resultados, ou seja, pode ser bactérias de origem fecal ou bactérias naturalmente presentes na água. A identificação desses microrganismos em altas contagens, apesar de não atuar causando malefícios a saúde, adverte sobre falhas no tratamento da água, seja na desinfecção, na formação de biofilmes, na forma de armazenamento e/ou falhas dos sistemas de distribuição. Sua utilização como indicador de segurança diminuiu a partir do uso dos coliformes, sendo sua funcionalidade válida para indicar principalmente a eficiência do tratamento de água.

Segundo Brasil (2011), contagens superiores a 500 unidades formadoras de colônia (UFC) por mililitro (ml) de amostra devem ser tomadas medidas cabíveis a respeito, como a inspeção do local em busca do que pode ter provocado tal identificação (ALLEN; EDBERG; REASONER, 2002; BRASIL, 2006; HASAN, MIRANI, ISMAT, 2010; BRASIL, 2011; WHO, 2011; CHOWDHURY, 2012). Nota-se que em épocas chuvosas, esse dado apresenta aumento de valores, já que o fluxo de matéria orgânica aumenta, favorecendo o crescimento de bactérias, como se observa no ponto RC que alcança valores bem superiores ao aceitável para sua potabilidade.

As análises de coliformes totais também são mais elevadas no ponto RC (23,5-400 unidades/100ml), diferentemente dos AG1; AG2; AG3 e AG4, nos quais não foram encontrados coliformes totais, enquanto no ponto PAS observou-se no máximo 27 unidades/100mL. A mesma resposta foi verificada quanto aos coliformes fecais, onde o RC com análises de 59-920 unidades/100ml presentes, foi superior aos pontos AG1; AG2; AG3 e AG4 e PAS, os quais não apresentaram contaminação. Esses valores justificam-se pela presença

de matéria orgânica elevada, turbidez e ser um ponto de fácil contaminação trazidos pela chuva (ação antropogênica), fato não observado nos aquíferos e PAS, visto que não estão expostos a essas variáveis devido a profundidade dos mesmos.

A presença de bactérias do grupo coliforme serve como um indicativo de contaminação fecal associado ao tratamento inadequado, higienização deficiente da água ou alimentos. Em sistemas de distribuição e abastecimento de água a presença de microrganismos deste grupo pode também indicar uma possível formação de biofilmes ou contaminação, por material vegetal ou solo. (LECHAVALLIER, WELCH, SMITH, 1996; WHO, 2011; EDEN, 2014). Importante registrar que a análise para este parâmetro deve ser com total ausência para ser uma água potável.

Baseado nos resultados encontrados no presente trabalho e fazendo uma reflexão comparando a água superficial com a subterrânea, assim como relatado por Libânio (2010), optar pela captação de água subterrânea apresenta algumas vantagens como a boa qualidade da água bruta, em decorrência da percolação através dos interstícios granulares do solo, permitindo, salvo algumas exceções, sua potabilidade. Desta maneira, a água subterrânea torna-se a opção preferencial de consumo de pequenas comunidades, podendo ser captada em grande magnitude, utilizando-se poços profundos.

Em relação a análise de Agrotóxicos (Tabela 5), pode ser verificado que estes parâmetros apresentam valores aceitáveis perante a legislação vigente, tornando a água pós tratamento própria para consumo.

Tabela 5 - Determinação de agrotóxicos ( $\mu\text{g/l}$ ) na água destinada à população de Bandeirantes

ANO – 2017			
Parâmetro	L.Q	Resultados analíticos	Portaria Consolidação n° 5 – V.M.P
2,4 D +2,4,5 T	0,050	<1	30
ATRAZINA	0,010	<0,05	2
DDT +DDD+DDE	0,001	<0,3	1
GLIFOSATO+AMPA	10,0	<0,001	500
MANCOZEBE	50,0	<0,001	180
ANO – 2018			
Parâmetro	L.Q	Resultados analíticos	Portaria Consolidação n° 5 – V.M.P
2,4 D +2,4,5 T	0,050	<0,050	30
ATRAZINA	0,010	<0,010	2
DDT +DDD+DDE	0,001	<0,003	1
GLIFOSATO+AMPA	10,0	<10	500
MANCOZEBE	50,0	<50	180

L.Q: Limite de quantificação

V.M.P: Valor Máximo Permitido

2,4 D +2,4,5 T: ácido diclorofenoxiacético

DDT +DDD+DDE: diclorodifeniltricloroetano

GLIFOSATO+AMPA: glifosato e ácido aminometilfosfônico

A presença de agrotóxicos decorrente das práticas agrícolas que podem causar contaminação difusa na água, como por exemplo a utilização de fertilizantes, corretivos e agrotóxicos (FOSTER et al., 2002), tem sido motivo de preocupação para os órgãos de pesquisas, fiscalização, entidades ambientais e população, já que pode limitar o uso da mesma para o consumo humano, bem como interferir na produção de alimentos (CARPENTER et al., 1998; MANSOR et al., 2006; HOWDEN et al., 2009). Com isso, os agrotóxicos usados na agricultura podem ficar adsorvidos nas partículas dos solos e através da drenagem em sistemas agrícolas, ficando adsorvidos e assim poderem ser carregados pela água até o aquífero, através da infiltração. Nas atividades de pecuária a drenagem está ainda associada aos resíduos de criação de animais, nutrientes, matéria orgânica e coliformes (CARPENTER et al., 1998; MANSOR et al., 2006; HOWDEN et al., 2009).

Desta maneira, o monitoramento dos agrotóxicos na água destinada ao consumo pela população deve ser constante, mesmo esta demonstrando estar dentro dos parâmetros aceitáveis, visto que a região do município de Bandeirantes tem participação expressiva do setor agropecuário em sua economia e faz uso dos mesmos.

#### **4 CONCLUSÕES**

A água bruta do ponto de captação do Rio das Cinzas é o que apresenta as piores características quanto a potabilidade da água em relação aos demais pontos de captação no município de Bandeirantes, tendo variações de acordo com as estações do ano, necessitando de um tratamento mais complexo para sua utilização.

Os aquíferos e o poço artesiano de Sertãozinho mostram que os parâmetros físico-químicos analisados estão abaixo dos valores máximos permitidos pela Portaria do Ministério da Saúde, indicando que a água captada, tratada e oferecida pelo sistema municipal de abastecimento do Município de Bandeirantes é de boa qualidade, não acarretando em risco a saúde.

A água destinada a população em todos os pontos de captação apresenta-se bem abaixo dos índices aceitáveis pela legislação de agrotóxicos, atendendo aos anseios da população quanto aos malefícios à saúde que podem ser acarretados pelos mesmos.

## 5 REFERÊNCIAS

ALLEN, M.; EDBERG, S.C.; REASONER, D.J. **Heterotrophic plate count (HPC) bacteria - what is their significance in drinking water?**In: NSF INTERNATIONAL/ WHO SYMPOSIUM ON HPC IN DRINKING WATER. PUBLIC HEALTH IMPLICATIONS?. 2002, Genebra, Suíça. Conference Proceeding... [S.L.]: NSF:WHO, 2002. p. 29-45.

AUGUSTO, L. G. S et al. **O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado a água para consumo humano.** Ciência e Saúde Coletiva, 17(6), p. 1511-1522, 2012.

BORGHETTI, N.; BORGHETTI, J. R; ROSA, E.F.F. **Aquífero Guarani – A verdadeira integração dos países do Mercosul.** Curitiba, 2004.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional. Grupo de Trabalho Alimentação Adequada de Saudável.** Documento Final. Brasília, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde.** – Brasília: Funasa, p. 112, 2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília, Funasa, p. 112, 2014b.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada a qualidade de água para consumo humano.** Brasília, Produtora editorial, 2006, 284p

BRASIL. **Programa nacional de desenvolvimento de recursos hídricos.** Brasília: Ministério da Integração Nacional, Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas. Manual Operativo. v. 1, set. 2009.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. **Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP).** *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.930>. Acesso em 05/01/2019.

CARPENTER, S.R.; CARACO, N.F.; CORRELL, D.L.; HOWARTH, R.W.; SHARPLEY, A.N.; SMITH, V.H. **Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. Ecological Applications**, v.8, n.3, p.559-568, 1998.

CHOWDHURY, S. **Heterotrophic bacteria in drinking water distribution system: a review. Environ Monit Assess. Saudi Arabia**: 184:6087–6137, 2012.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). **Resolução nº274, de 29 de novembro de 2000**. CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente (Brasil). Resolução nº357, de 17 de março de 2005.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The outlook for 2050 is encouraging, globally, but much work is needed to achieve sustainable water use and ensure food security for all**. Rome, p.76, 2015.

GARCIA, M. **Direitos Fundamentais e a questão da sustentabilidade: reflexões sobre o direito a saúde e a questão da qualidade da água para consumo humano**. Revista FSA, Teresina, v. 10, n. 4, art. 8, p. 133-163, 2013.

HASAN N, MIRANI, Z. A.; ISMAT, S. **Bacterial indicators of risk of disease from drinking water. BALWOIS 2010 - Ohrid, Republic of Macedonia** - 25, 29 May 2010.

HOWDEN, N.J.K.; BOWES, M.J.; HUMPHRIES, N.; NEAL, C. **Water quality, nutrients and the European union's Water Framework Directive in a lowland agricultural region: Suffolk, south-east England. Science of the Total Environment, Amsterdam**, v.407, p.2966-2979, 2009.

LECHEVALLIER, M. W.; WELCH, N. J.; SMITH, D. B. **Full-scale studies of factors related to coliform regrowth in drinking water. Appl. Environm. Microbiol.**, v.62, n.7, p.2201-2211, 1996.

MANSOR, M.T.; TEIXEIRA-FILHO, J.; ROSTON, D.M. **Avaliação preliminar das cargas difusas de origem rural em uma sub-bacia do rio Jaguari, SP**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.10, n.3, p.715-723, 2006.

MAZEPA, H. H. S. **Mapeamento da Qualidade da Água para Consumo Humano em Santa Catarina sob o olhar da Vigilância Sanitária.** Florianópolis, 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

RIGOBELLO, EC, MINGATTO, FH, TAKAHASHI, LS, ÁVILA, FA. **Padrão físico-químico e microbiológico da água de propriedades rurais da região de Dracena.** Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais, 2009, p. 219-224. Disponível em: <http://www2.pucpr.br/reol/pb/index.php/academica?dd1=3349&dd99=view&dd98=pb>. Acesso em: 05/09/18.

ROHDEN, F.; ROSSI, E. M.; SCAPIN, D.; CUNHA, F. B.; SARDIGLIA, C. U. **Monitoramento microbiológico de águas subterrâneas em cidades do Extremo Oeste de Santa Catarina.** Ciência e Saúde Coletiva. 14(6), p. 2199-2203, 2009.

SANTOS, J. M. M. **Índice de qualidade de água subterrânea Aplicado em área de aquíferos cristalinos com Uso agrícola: bacia do Rio São Domingos – RJ.** 65 2009. 189 f. Tese de Doutorado em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2009.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2º ed. Belo Horizonte:DESA-UFMG, 1996.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 3 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2005.

ZHANG, Z.; TAO, F.; DU, J.; SHI, P.; YU, D.; MENG, Y. et al. **Surface water quality and its control in a river with intensive human impacts—a case study of the Xiangjiang River, China.** Journal of Environmental Management, v. 91, p. 2483–2490, 2010.

## ANEXO 1

## RELAÇÃO DOS PESTICIDAS PROIBIDOS NA UNIÃO EUROPEIA COM USO AUTORIZADO NO BRASIL.

Agrotóxicos	Data de quando foram proibidos na União Européia
Acefato	2003
Acetocloro	2011
Ácido Bórico	2004
Acifluorfen	2002
Alacloro	2006
Alaniacarbe	2002
Aldicarbe	2003
Aletrina	2002
Ametrina	2002
Amitraz	2004
Anisalina	2002
Asulam	2011
Atrazine	2004
Azametifós	2002
Azociclotina	2008
Bacillus	2007
Sphaericus Bendiocarbe	2002
Benfuracarbe	2007
Bioaletina	2002
Bioresmetrina	2002
Bitertanol	2013
Borax	2004
Brodifacum	2007
Bromacila	2002
Brometo de metila	2011
Bromofós	2002
Bromopropilato	2002
Butralina	2008
Cadusafós	2007
Carbaril	2007
Carbendazim	2014
Carbofurano	2007
Carbosulfano	2007
Carpropamida	2009
Cartape	2002
Casugamicina	2005
Cianamida	2008

Cianizina	2002
Ciclanilida	2011
Ciflutrina	2014
Cloretos de Benzalconio	2002
Clorfacinona	2007
Clorfenapir	2001
Clorfluazurom	2002
Cloridrato de Aviglicina	2009
Clorimurom	2009
Clortal dimetilico	2009
Cumacloro	2004
Cumafeno	2014
Cumatetralil	2004
Diafentiuroom	2002
Diazinona	2007
Dicloran	2011
Diclorvós	2007
Dicofol	2008
Difetialona	2004
Dimetanamida	2006
Dinocap	2009
Amitraz	2004
Anisalina	2002
Asulam	2011
Atrazine	2004
Azametifós	2002
Azociclotina	2008
Bacillus	2007
Sphaericus Bendiocarbe	2002
Benfuracarbe	2007
Bioaletina	2002
Bioresmetrina	2002
Bitertanol	2013
Borax	2004
Brodifacum	2007
Bromacila	2002
Brometo de metila	2011
Bromofós	2002
Bromopropilato	2002
Butralina	2008
Cadusafós	2007
Carbaril	2007
Carbendazim	2014

Carbofurano	2007
Carbosulfano	2007
Carpropamida	2009
Cartape	2002
Casugamicina	2005
Cianamida	2008
Cianizina	2002
Ciclanilida	2011
Ciflutrina	2014
Cloretos de Benzalconio	2002
Clorfacinona	2007
Clorfenapir	2001
Clorfluazurom	2002
Cloridrato de Aviglicina	2009
Clorimurom	2009
Clortal dimetilico	2009
Cumacloro	2004
Cumafeno	2014
Cumatetralil	2004
Diafentiuroom	2002
Diazinona	2007
Dicloran	2008
Diclorvós	2007
Dicofol	2008
Difacinona	2004
Difetialona	2004
Dimetanamida	2006
Dinocap	2009
Dissulfotom	2002
Edifenfós	2009
Etiona	2002
Etiprole	2009
Etoxissulfurom	2014
Fenarimol	2006
Fenclorfós	2009
Fenitrotiona	2007
Fenotrina	2002
Fenpropatrina	2002
Fentina	2002
Fentina Hidroxido	2002
Fentiona	2004
Fentoato	2002
Fenvalerato	1998

Flocumafeno	2004
Flufenoxurom	2008
Flumetsulam	2007
Flumicloraquepentflico	2009
Fluridona	2002
Fomesafem	2002
Fosalona	2006
Foxim	2007
Fosalona	2006
Foxim	2007
Ftalida	2009
Furatiocarbe	2002
Hexaconazol	2006
Hexaflumurom	2004
Hexazinone	2002
Hidrametilnona	2002
Imazapique	2009
Imazapir	2002
Imibenconazol	2009
Iminoctadina	2002
Iodofenfós	2002
Lactofem	2007
Metolacloro	2002
Metidationa	2004
Metopreno	2002
Mevinfós	2002
Molinato	2014
Naleda	2005
Novalurom	2012
Octaborato dissodio tetrahidratado	2002
Óleo creosoto	2004
Oxadiargil	2014
Oxicarboxina	2002
Óxido de fembutatina	2014
Oxina-cobre	2002
Paraquate	2009
Parationa Metilica	2003
Permetrina	2000
Pirazofós	2000
Piridafentiona	2002
Piroquilona	2002
Procimidona	2006
Profenofós	2002

Prometrina	2002
Propanil	2008
Propargito	2008
Propoxur	2002
Protiofós	2002
Quincloraque	2004
Quinometionato	2002
Quintozeno	2000
Saflufenacil	2009
Serricornim	2004
Setoxidim	2002
Simazina	2004
Sulfentrazone	2009
Sumitrina	2009
Tebutirom	2002
Temefós	2002
Terbufós	2002
Tetradifona	2002
Tetrametrina	2002
Tiazopir	2002
Tidiazurom	2008
Tiobencarbe	2008
Tiodicarbe	2007
Tolifluanida	2010
Triadimefom	2004
Triazafós	2002
Tricosatrieno	2004
Tridemorfe	2004
Trifluralina	2010
Triforina	2002
Trimedlure	2004

Fonte: (GONÇALVES, Márcia dos Santos, 2016)

## ANEXO 2

Relação de agrotóxicos analisados segundo a Consolidação nº5 (Origem: PRT MS/GM 2914/2011, ANEXO VII)

PARÂMETRO	RESULTADO	V.M.P.	UNIDADE	L.Q	MÉTODO REFERÊNCIA
ALACLOR	<0,05	20,000	µg/l	0,05	EPA 8270D:2007
ALDRIN*DIELDRIN	<0,001	0,030	µg/l	0,001	IT -098 REV.03
ATRAZINA	<0,05	2,000	µg/l	0,05	EPA 8270D:2007
ENDRIN	<0,03	0,600	µg/l	0,03	EPA 8270D:2007
MOLINATO	<0,05	6,000	µg/l	0,05	EPA 8270D:2007
PENDIMENTALINA	<0,05	20,000	µg/l	0,05	EPA 8270D:2007
PERMETRINA	<0,5	20,000	µg/l	0,5	IT -098 REV.03
SIMAZINA	<0,05	2,000	µg/l	0,05	EPA 8270D:2007
TRIFURALINA	<0,05	20,000	µg/l	0,05	EPA 8270D:2007
2,4 D*2,4,5T	<1	30,000	µg/l	1	IT -098 REV.03
CARBOFURANO	<0,05	7,000	µg/l	0,05	IT -098 REV.03
CLORPIRIFÓS* CLORPIRIFÓS-OXON	<0,05	30,000	µg/l	0,05	IT -098 REV.03
DDT*DDD*DDE	<0,3	1,000	µg/l	0,3	IT -098 REV.03
PARATIONA METILICA	<1	9,000	µg/l	1	IT -098 REV.03
CLORDANO	<0,005	0,200	µg/l	0,005	IT -098 REV.03
LINDANO ( GAMA HCH)	<1	2,000	µg/l	1	EPA 8270D:2007
ENDOSSULFAN( a +B e Sais)	<0,5	20,000	µg/l	0,5	IT -098 REV.03
METOLACLORO	<0,002	10,000	µg/l	0,02	EPA 8270D
ALDICARBE*ALDICAR	<0,001	10,000	µg/l	0,001	EPA 8270D
BESULFONA*ALDICARB					
CARBENDAZIM* BENOMIL	<0,001	120,000	µg/l	0,001	EPA 8270D
DIURON	<0,001	90,000	µg/l	0,001	EPA 8270D
MANCOZEBE	<0,001	180,000	µg/l	0,001	EPA 8270D
METAMIDOFÓS	<0,001	12,000	µg/l	0,001	EPA 8270D
PROFENOFÓS	<0,005	60,000	µg/l	0,005	EPA 8270D
TERBUFÓS	<0,006	1,200	µg/l	0,006	EPA 8270D
TEBUCONAZOL	<0,005	180,000	µg/l	0,005	EPA 8270D
GLIFOSATO*AMPA	<0,001	500,000	µg/l	0,001	SMEWW 6651

V.M.P: Valor Máximo Permitido

LQ: Limite de Quantificação

EPA: Environmental ProtectionAgency

IT: Instrução de Trabalho

SMEWW 6651: Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater – 22ªEd- 2012