

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE AMBIENTAL  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

FERNANDA BORGES FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CAMPO MOURÃO – PR  
ATRAVÉS DO PROGRAMA VIGIÁGUA**

CAMPO MOURÃO

2017

FERNANDA BORGES FERREIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CAMPO MOURÃO – PR  
ATRAVÉS DO PROGRAMA VIGIÁGUA**

Trabalho de Conclusão de Curso, do curso de Engenharia Ambiental, do Departamento Acadêmico de Ambiental (DAAMB), do Câmpus Campo Mourão, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), como requisito final para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Msc. Osvaldo Valarini Junior  
Coorientador: Prof.º Dr. Eudes José Arantes

CAMPO MOURÃO  
2017



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Ambiental - DAAMB  
Curso de Engenharia Ambiental



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CAMPO MOURÃO – PR ATRAVÉS DO PROGRAMA VIGIÁGUA**

por

**FERNANDA BORGES FERREIRA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 20 de Junho de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Prof. Msc. OSVALDO VALARINI JUNIOR

---

Prof. Dr. EUDES JOSÉ ARANTES

---

Prof. Dr. PAULO AGENOR ALVES BUENO

---

Prof. Dr. RAFAEL MONTANHINI DE OLIVEIRA

*O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do curso de Engenharia Ambiental.*

## **AGRADECIMENTOS**

Às pessoas que me deram a vida, a quem sou eternamente grata por todo apoio, amor e todos os ensinamentos, meus primeiros professores da vida: meus pais... Joel e Janete. Vocês são meu porto seguro, minha base e meus exemplos.

À minha avó Floriza, a minha Flor, pelo amor e carinho dedicados a mim, pela torcida, e por ser a melhor avó que eu poderia ter.

Ao meu namorado Lucas, por todo amor e cuidado, pela cumplicidade e paciência nos dias bons e ruins de toda minha trajetória aqui. Ter você ao meu lado é, com certeza, uma das melhores coisas que já me aconteceu.

À minha família morãoense: José Carlos, Mara, Luana, com seus inúmeros cachorros (e agora uma coelha), muito obrigada pelo carinho e por ter me acolhido em seus corações.

Aos meus amigos do Campo, que fazem meus dias mais alegres, em especial a Gabrielle Soldera e Nayara Romano. Gabi muito obrigada por tudo!

Aos meus professores, que me passaram todo o conhecimento para que este trabalho pudesse ser feito e, principalmente, ao meu orientador e coorientador.

E por fim, mas não menos especial, a Deus, por me dar forças, fé e esperança, quando eu achava que já não tinha mais.

*“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”*  
Cora Coralina

## RESUMO

FERREIRA, Fernanda Borges. Avaliação da qualidade da água de Campo Mourão – PR através do programa VIGIÁGUA. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Ambiental – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017.

O propósito primário para a exigência de qualidade da água é a proteção à saúde pública. Os critérios adotados para assegurar essa qualidade têm por objetivo fornecer uma base para o desenvolvimento de ações que, se propriamente implementadas junto à população, garantirão a segurança do fornecimento de água através da redução de resíduos nas águas, sendo estes constituintes na água conhecidos por serem perigosos à saúde. Visando importância da qualidade da água e os malefícios causados a população devido a sua insalubridade, este trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da água do município de Campo Mourão – PR, através do programa nacional VIGIAGUA, estabelecido pelo Ministério da Saúde. Ficou claro que os problemas da qualidade da água de abastecimento e as consequências do uso desta necessitam da correlação de medidas de inspeção mais rígidas que vão desde a água da fornecedora e a de uso, principalmente, afim de pontuar os problemas quanto a potabilidade da água e garantir o cumprimento da legislação.

**Palavras-chave:** Qualidade da água. Potabilidade. VIGIAGUA. Legislação.

## ABSTRACT

FERREIRA, Fernanda Borges. **Evaluation of the water quality of Campo Mourão - PR through the VIGIÁGUA program.**

The primary purpose for the water quality requirement is to protect public health. The criteria adopted to ensure this quality aim to provide a basis for the development of actions that, if properly implemented with the population, will guarantee the safety of the water supply through the reduction of waste in the water, these constituents in the water known to be Hazardous to health. Aiming at the importance of water quality and the harm caused to the population due to its insalubrity, this study aims to evaluate the water quality of the municipality of Campo Mourão - PR, through the national VIGIAGUA program, established by the Ministry of Health. The problems of the quality of the water supply and the consequences of the use of this need the correlation of more rigid inspection measures that go from the water of the supplier and the one of use, mainly, to punctuate the problems with the potability of the water and to guarantee the compliance with legislation.

**Keywords:** Water quality. Potability. VIGIAGUA. Legislation.

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ANOVA – Analysis of Variance

mg/L – miligramas por litro

MMA – Ministério do Meio Ambiente

MS – Ministério da Saúde

SAC – Solução Alternativa Coletiva

SAI – Solução Alternativa Individual

SANEPAR – Companhia de Saneamento do Paraná

SISAGUA - Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água

SSA – Sistema de Abastecimento de Água

uT – Unidade de Turbidez

VIGIAGIA - Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano

VMP – Valor Máximo Permitido

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo hidrológico.....	13
Figura 2 - Unidades de um sistema de abastecimento de água.....	16
Figura 3 -Fluxograma da estação de tratamento de água da SANEPAR.....	18
Figura 4 - Ações de operação para a vigilância da água para o consumo humano ..	21
Figura 5 - Distribuição geográfica da implementação do VIGIAGUA .....	22
Figura 6 - Localização do município de Campo Mourão .....	27
Figura 7 - Análises de cloro residual na água de SAA de Campo Mourão - PR .....	35
Figura 8 Análise dos coliformes totais.....	39
Figura 9 - Comparação de 95% do nível de confiança das médias dos múltiplos de Tukey para a variável coliformes totais .....	400
Figura 10 – Análises de flúor na água de SAA de Campo Mourão - PR .....	411
Figura 11 - Comparação de 95% do nível de confiança das médias dos múltiplos de Tukey para a variável flúor .....	44
Figura 12 – Análises de turbidez na água SAA de Campo Mourão - PR .....	45
Figura 13 - Comparação de 95% do nível de confiança das médias dos múltiplos de Tukey para a variável turbidez .....	48
Figura 14 - Interações entre os parâmetros cloro e coliformes .....	49
Figura 15 - Interações entre os parâmetros turbidez e coliformes .....	50
Figura 16 - Interações entre os parâmetros turbidez e cloro.....	51
Figura 17 – Interação das Três Variáveis, Turbidez (Tu), Cloro (C) e Coliformes (Co). .....	52

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Divisão dos dados de análises de água realizadas em Campo Mourão ..	29
Tabela 2 - Padrão de potabilidade das Portarias n.º 518/2004 e n.º 2914/2011 referente a água tratada por tratamento completo com filtração rápida .....	32
Tabela 3 - Metas progressivas para atendimento ao valor máximo permitido de 0,5 uT .....	32
Tabela 4 - Pontos de análises de água realizadas entre 2009 e 2016.....	33
Tabela 5 – Análises de cloro residual em desconformidade com a legislação.....	35
Tabela 6 - Resultados das análises de cloro residual .....	36
Tabela 7 - Pontos que apresentaram coliformes totais nas análises .....	38
Tabela 8 - Resultado das análises de flúor .....	422
Tabela 9 - Teste de Tukey para a variável flúor .....	433
Tabela 10 - Resultado das análises de turbidez.....	46
Tabela 11 – Teste de Tukey para a variável turbidez.....	47
Tabela 12 - Resultados de todas as coletas de água do Grupo B .....	53

## SUMÁRIO



UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

	5
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS</b>	<b>11</b>
2.1 OBJETIVO GERAL	11
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>12</b>
3.1 CICLO HIDROLÓGICO	12
3.2 AQUÍFEROS	13
3.2.1 Aquíferos Presentes no Município de Campo Mourão-PR	14
3.3 FONTES DE POLUIÇÃO	15
3.4 QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO	16
3.5 VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL RELACIONADA À QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO - VIGIÁGUA	19
3.6 TESTES ESTATÍSTICOS	22
3.6.1 Teste de Hipóteses	23
3.6.2 P-valor	24
3.6.3 Testes de Normalidade	24
3.6.3.2 Cramer-von Mises	25
3.6.4 Análise de Variância (ANOVA)	25
3.6.5 Teste de Tukey	25
<b>4 MATERIAL E METODOS</b>	<b>27</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	27
4.2 TRIAGEM DE DADOS	28
4.3 PARÂMETROS ANALISADOS NO PROGRAMA VIGIÁGUA EM CAMPO MOURÃO - PR	29
4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA	30
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>31</b>
5.1 LEGISLAÇÃO PERTINENTE	31
5.2 GRUPO A	32
5.2.1 Cloro	34
5.2.2 Coliformes Totais e <i>Escherichia coli</i>	37
5.2.3 Flúor	40
5.2.4 Turbidez	44
5.2.5 Interações Entre os Parâmetros	48
5.3 GRUPO B	52
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>55</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>56</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O acesso à água potável tem impacto no desenvolvimento socioeconômico, e segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) é um direito humano essencial intrinsecamente relacionado com o direito à vida, à saúde e à alimentação. Há evidências de que o gasto com medidas de saneamento são mais eficazes do que os gastos com saúde, principalmente em relação ao acesso a água de qualidade e tratamento de esgoto. Os investimentos em saneamento acarretam a diminuição de casos de morbidade e de internações hospitalares (CALDEIRA, 2014).

Em relação à água para consumo humano, leis federais, estaduais e municipais, baseadas no Ministério da Saúde e recomendadas pela Organização Mundial de Saúde, regem parâmetros microbiológicos, físicos, químicos organolépticos, cianobactérias/cianotoxinas e radioativos para que a água consumida pela população brasileira esteja dentro dos limites exigidos pelas leis, garantindo qualidade da água proveniente tanto da rede de abastecimento urbano local, quanto de poços.

A preocupação com a qualidade das águas é recente nos projetos mais antigos de aproveitamento dos recursos hídricos, havia exclusiva preocupação com o aspecto quantitativo, a fim de se garantir as vazões necessárias as realizações dos mesmos. A qualidade passou a ser considerada após o acelerado crescimento populacional e industrial que, no Brasil, ocorreu na década de 70 (MOTA, 1995).

Na Pesquisa Nacional de Saneamento Básico–PNSB, desenvolvida pelo IBGE, no ano 2000, em 9.848 distritos brasileiros verificou que 87,9% dos distritos contam com serviço de abastecimento de água, sendo que 15,7% a água é tratada através de adutoras, enquanto o esgoto sanitário, apenas 41,6% dos distritos contam com rede de coleta, deste percentual somente 14% dos distritos tratam os resíduos, lançados nos corpos hídricos. Os rios são principais receptores dos efluentes sanitários, muitas das vezes é a única fonte de abastecimento de água para comunidades situadas a jusante do ponto de lançamento dos efluentes sanitários, que consomem essa água sem tratamento, tornando-os vulneráveis a doenças de veiculação hídrica, como a cólera, a disenteria bacilar, a febre tifóide, a diarreia infantil, a leptospirose, a esquistossomose, a hepatite, a malária, a febre amarela, entre outras.

Para Alves et al (2009), os constituintes microbiológicos, químicos e físicos da água nem sempre afetam a aparência, odor ou gosto da água. Dessa forma, a população pode estar consumindo água poluída, porém com aspecto de limpa.

A legislação atual é a Portaria MS nº 2914/2011, que estabelece o padrão de potabilidade e os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e à vigilância da qualidade da água para consumo humano. A referida Portaria foi elaborada durante o processo de revisão da revogada Portaria MS nº 518/2004.

No Brasil, a Vigilância em Saúde vem adquirindo um nível de especificidade que lhe confere importante papel, tanto na articulação de ações de promoção e proteção da saúde como na orientação de ações voltadas para o controle de eventos adversos à saúde. A Lei n 8.080/1990, ao ampliar o conceito de saúde, passou a atribuir ao Sistema Único de Saúde (SUS) a responsabilidade pela execução das ações de vigilância em uma perspectiva mais abrangente, incorporando os condicionantes socioambientais como determinantes da saúde das populações. A integração entre o monitoramento de fatores ambientais que possam oferecer riscos à saúde e de agravos associados a esses fatores ambientais representa a essência das ações da Vigilância em Saúde Ambiental.

Segundo Hirata e Ferreira (2001), quando se tem um poço ou uma fonte própria, a qualidade da água é responsabilidade seu próprio dono, sendo que muitos deles não têm conhecimento dos parâmetros necessários para assegurar a potabilidade dessa água. É dever dos órgãos públicos competentes fiscalizar e monitorar a qualidade da água consumida, verificando se os parâmetros exigidos por lei estão dentro dos limites aceitáveis para o consumo.

Neste contexto, atentando à importância da qualidade da água para o consumo humano, objetivou-se realizar um diagnóstico, baseado na legislação vigente, sobre as condições da água consumida em Campo Mourão – PR, pela abrangência do programa VIGIÁGUA de 2009, início da realização do programa no município, até o ano de 2016.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade da água para o consumo humano em no município de Campo Mourão – PR, através do programa nacional Vigilância em Saúde Ambiental Relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA).

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Ponderar os dados de análise de água de Campo Mourão – PR, de 2009 a 2016;
- Realizar a comparação das análises com a legislação vigente;
- Avaliar se os dados de qualidade de água seguem uma análise estatística;

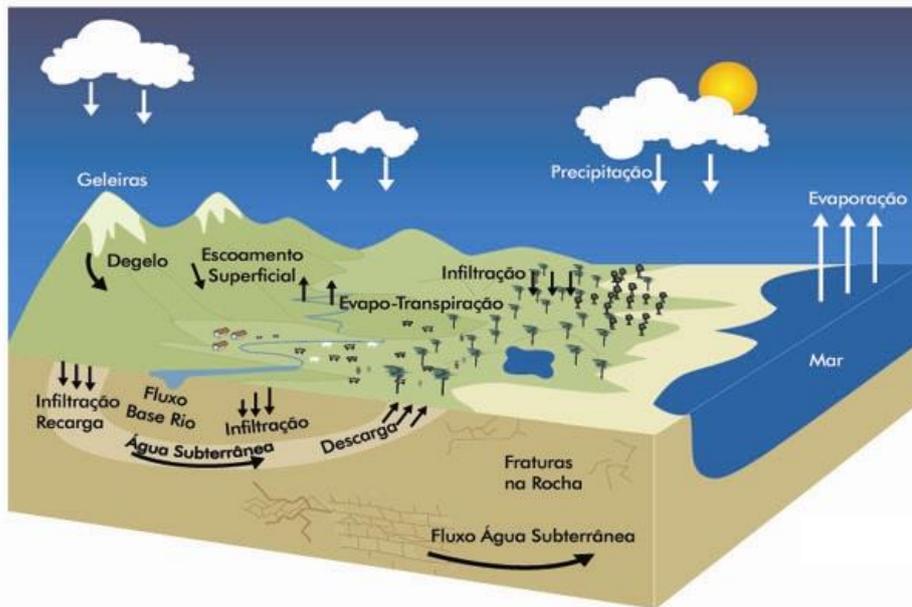
### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 CICLO HIDROLÓGICO

No total, o conteúdo de água da Terra é de cerca de 1,39 bilhões de quilômetros cúbicos (331 milhões de milhas cúbicas), com a maior parte, cerca de 96,5%, nos oceanos globais. Quanto ao restante, aproximadamente 1,7% é armazenado nas calotas polares, geleiras e neve permanente, e outro 1,7% é armazenado em águas subterrâneas, lagos, rios, córregos e solo. Apenas um milésimo de 1% da água na Terra existe como vapor de água na atmosfera (GRAHAM; PARKINSON; CHAHINE, 2010). Muitos seres vivos dependem deste pequeno suprimento de água doce superficial, e a falta de água pode ter sérios efeitos sobre os ecossistemas. Os seres humanos, naturalmente, vieram acima com algumas tecnologias para aumentar a disponibilidade da água. Estes incluem escavação de poços para obter na água subterrânea, coletando água da chuva, e usando dessalinização - remoção de sal - para obter água fresca do oceano. Ainda assim, água potável limpa e segura nem sempre está disponível em muitas partes do mundo hoje (ENZMANN, 2012)

A característica essencial de qualquer volume de água superficial localizada em rios, lagos, tanques, represas artificiais e águas subterrâneas são a sua instabilidade e mobilidade. Para Tundisi (2003), todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos (as três fases em que a água existe no planeta Terra) são parte do ciclo dinâmico da água, ciclo este, perpétuo. A fase mais importante deste ciclo para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para pronta utilização.

A água que precipita em chuva sobre a superfície terrestre, pode encontrar três destinos: a infiltração, a evapotranspiração e o escoamento superficial (Figura 1). Aquela que infiltra abastece os mananciais subterrâneos, podendo também aflorar a superfície, abastecendo os córregos, ou retornar à atmosfera através da evapotranspiração, que é a evaporação da água e transpiração das plantas e dos animais combinadas em um único parâmetro. O escoamento superficial alimenta os córregos e rios, sendo, posteriormente, evaporado ou desaguado no mar, de onde evapora novamente para dar continuidade ao ciclo (WACHINSKI, 2013).



**Figura 1 - Ciclo hidrológico**

Fonte: Ministério do Meio Ambiente

### 3.2 AQUÍFEROS

A Associação Brasileira de Águas Subterrâneas (ABAS) define como água subterrânea sendo “toda a água que escorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas compactas.” De acordo com Millon (2004), os processos de filtração e as reações biogeoquímicas no subsolo fazem com que as águas subterrâneas apresentem boa potabilidade e achem-se melhor protegidas dos agentes de poluição que atingem rios e lagos.

Segundo ABAS (2002), as águas subterrâneas representam cerca de 97% do volume de água doce dos continentes, com exceção das calotas polares e geleiras. Elas são realimentadas pelas infiltrações de água de origem meteorológica, onde fluem lentamente pelos poros das rochas.

As águas subterrâneas tornam-se disponíveis ao uso humano principalmente a partir da perfuração de poços. Podem também aflorar na forma de fontes quando a

superfície do terreno intercepta o lençol freático (MILLON, 2004). Conforme as pesquisas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2000), 61% da população é abastecida por mananciais subterrâneos, através de poços rasos, nascentes e poços profundos.

Nas últimas décadas a procura para o abastecimento público no Brasil tem aumentado, sendo o Estado de São Paulo o seu maior usuário, tendo cerca de 65% dos seus núcleos urbanos e 90% das suas indústrias abastecidas total ou parcialmente por poços. A cidade de Ribeirão Preto/SP é totalmente abastecida por água subterrânea e, como ela, também a cidade de São Sebastião no Distrito Federal, com 60.000 habitantes, através de poços profundos. No Vale do Gurgueia/PI e em Mossoró/RN existem importantes plantações irrigadas com água de poços profundos nas culturas de uva e cítricos que são exportados para diversos países da Europa (ABAS, 2001).

### 3.2.1 Aquíferos Presentes no Município de Campo Mourão-PR

Compreende aos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul de acordo com Dalstra (2009), a combinação de fatores geológicos e climáticos que favoreceu uma estrutura favorável ao armazenamento de água subterrânea, sendo a Bacia do Paraná um dos maiores reservatórios de água subterrânea do mundo.

Entende-se por aquífero uma formação geológica capaz de armazenar água nos seus espaços vazios, possibilitando seu aproveitamento econômico, bem como a circulação desse líquido, conforme seja a permeabilidade da formação (BORSOI; LANARI, 1998, p. 02). O município de Campo Mourão – PR, segundo Dalstra et al (2009), está localizado sob dois grandes aquíferos: o Guarani e o Serra Geral.

Em 2004, a SABESP, caracterizou o aquífero Guarani da seguinte forma:

“O aquífero Guarani, também chamado de Botucatu, é a principal reserva subterrânea de água doce da América do Sul e um dos maiores sistemas aquíferos do mundo, ocupando uma área total de 1,2 milhões de km<sup>2</sup> na Bacia do Paraná e parte da Bacia do Chaco-Paraná. Sua maior ocorrência se dá em território brasileiro (2/3 da área total) abrangendo os Estados de Goiás,

Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.”

Ainda segundo a SABESP, as águas do aquífero Guarani, em geral, são de boa qualidade para o abastecimento público e outros usos, sendo que em sua porção confinada, os poços têm cerca de 1.500 m de profundidade e podem produzir vazões superiores a 700 m<sup>3</sup>/h.

Athayde, em 2012, menciona o Aquífero Serra Geral como sendo um aquífero fraturado vulcânico, representado pelas propriedades petrofísicas da Formação Serra Geral, sequência vulcânica que ocorre, dentre outros estados, no Terceiro Planalto Paranaense. Sua área de ocorrência no Paraná corresponde a aproximadamente 109.000 km<sup>2</sup>, sendo responsável pelo abastecimento de 300 municípios.

### 3.3 FONTES DE POLUIÇÃO

As preocupações quanto aos níveis de qualidade, contaminação das águas e manutenção dos recursos hídricos assumem importância, à medida que a água é destinada ao consumo humano ou a transformação econômica. Água não potável, ou seja, contaminada de alguma forma por agentes patogênicos nocivos pode por em perigo a saúde e comprometer o desenvolvimento das comunidades humanas (MATTOS e SILVA, 2002).

Para Leal (2012), um sistema de abastecimento de água (Figura 2) constitui-se em uma solução coletiva para o adequado abastecimento de uma comunidade, de pequeno a grande porte, compondo-se de um conjunto de unidades com a finalidade de retirar da natureza os volumes de água nas quantidades necessárias ao atendimento dos consumidores, adequar suas características aos padrões de potabilidade para consumo humano, e colocar esses volumes à disposição da população de forma a não restringir o seu consumo.



**Figura 2 - Unidades de um sistema de abastecimento de água**  
 Fonte: LEAL (2012)

Dentro de um sistema de abastecimento de água existe uma grande quantidade de possíveis pontos de contaminação e períodos críticos que necessitam ser estudados e identificados. Para Jorge, Lopes e Amaral (2016), o estudo deste percurso da água pode ser útil para aumentar a segurança da população consumidora, considerando que os sistemas públicos de abastecimento de água atendem grandes populações e a contaminação da água pode acarretar doenças e agravos em larga escala.

Impurezas podem estar presentes na água desde que a um nível aceitável, que não tragam prejuízos ao consumidor, entretanto, os corpos d'água são os maiores receptores de uma extensa gama de resíduos produzidos pelo homem poluindo os recursos hídricos disponíveis. As principais fontes de poluição podem ser classificadas em: Fontes naturais, como a decomposição de vegetais, minerais dissolvidos, floração aquática, escoamento superficial e erosão do solo. Contribuição de áreas agrícolas através dos detritos provenientes da atividade. Contribuição de águas servidas urbanas, item que inclui esgotos domésticos e efluentes industriais, que podem contaminar os recursos hídricos; entre outras causas diversas (WACHINSKI, 2013).

### 3.4 QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Entende-se ainda, como salubridade ambiental o estado de higidez (estado de saúde normal) em que vive a população urbana e rural, tanto no que se refere a sua capacidade de inibir, prevenir ou impedir a ocorrência de endemias ou epidemias veiculadas pelo meio ambiente, como no tocante ao seu potencial de promover o aperfeiçoamento de condições mesológicas (que diz respeito ao clima e/ou ambiente) favoráveis ao pleno gozo de saúde e bem-estar (GUIMARÃES, CARVALHO e SILVA, 2007)

Para Rebouças (1997), os potenciais de água doce no Brasil são extremamente favoráveis para os diversos usos, no entanto, as características de recurso natural renovável, em várias regiões do país, têm sido drasticamente afetadas. Os processos de urbanização, industrialização e de produção agrícola não têm levado em conta a capacidade de suporte dos ecossistemas.

Richter (2009), ressalta que as principais condicionantes na escolha dos processos de tratamento são a natureza da água bruta e a qualidade desejada para tratar a água, condicionado à ideia de que a água pura não existe na natureza e quando se trata de água para consumo humano se faz necessário que esta seja potável, isto é, segura apresentando-se livre de contaminantes orgânicos, inorgânicos e de bactérias patogênicas.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) é a instituição que acompanha e recomenda os valores máximos permitidos, a partir dos estudos toxicológicos realizados em todo o mundo e publicados em diferentes revistas e eventos científicos especializados no tema. Alguns países, como os Estados Unidos, o Canadá, e a Comunidade Europeia, apesar de se basearem também nas recomendações da OMS, estimulam pesquisas toxicológicas e bioensaios que, reciprocamente, acabam servindo de referência tanto para a OMS como para os demais países. Todas as normas de potabilidade no Brasil seguem basicamente os padrões recomendados pela Organização Mundial de Saúde no *Guidelines for Drinking-Water Quality* (WHO, 1996).

O acesso à água potável deve ser garantido, aplicando-se os princípios da universalidade, igualdade e equidade. O princípio da universalidade, entendido como o direito da população à água; o da igualdade, que se refere à quantidade e padrão adequado de qualidade; e o da equidade, relacionado ao estabelecimento de

mecanismos e definição de critérios para priorização de acesso à água para consumo humano às populações mais necessitadas (CABRAL, 2011)

Quase toda água potável que consumimos se transforma em esgoto que é reintroduzido nos rios e lagos. Para Rebouças (1997), estes mananciais, uma vez contaminados, podem conter microorganismos causadores de várias doenças como a diarreia, hepatite, cólera e febre tifóide. Além dos microorganismos, as águas dos rios e lagos contêm muitas partículas que também precisam ser removidas antes do consumo humano. Daí a necessidade de se tratar a água para que esta volte a ser propícia para o consumo humano.

O sistema de tratamento de água (figura 3), segundo a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), responsável pelo abastecimento de água no estado, é composto pelas seguintes fases: pré-cloração, coagulação, floculação, decantação, filtração rápida, desinfecção e fluoretação. Após seu tratamento, a água é distribuída para a população do município de Campo Mourão, onde 100% da população tem acesso a água tratada.

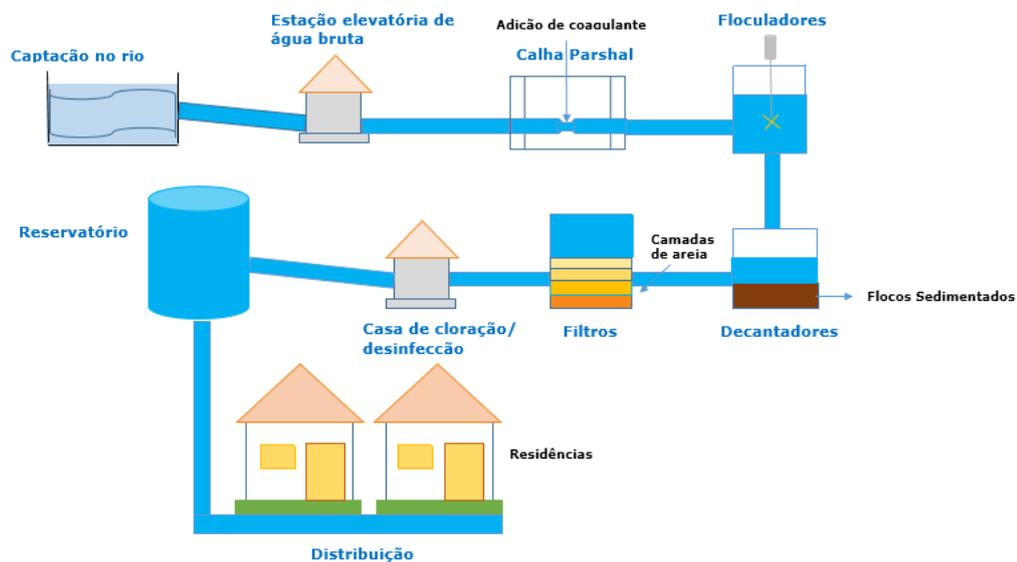


Figura 3 -Fluxograma da estação de tratamento de água da SANEPAR  
Fonte: SANEPAR (2009)

Sendo assim, a importância da implantação do sistema de abastecimento de água, dentro do contexto do saneamento básico, deve ser considerada tanto no aspecto sanitário e social quanto nos aspectos econômicos, visando atingir aos seguintes objetivos, de acordo com Ribeiro e Rooke (2010):

- Melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade;
- Diminuição da mortalidade em geral, principalmente da infantil;
- Aumento da esperança de vida da população;
- Diminuição da incidência de doenças relacionadas à água;
- Implantação de hábitos de higiene na população;
- Facilidade na implantação e melhoria da limpeza pública;
- Facilidade na implantação e melhoria dos sistemas de esgotos sanitários;
- Possibilidade de proporcionar conforto e bem-estar; incentivo ao desenvolvimento econômico.

### 3.5 VIGILÂNCIA EM SAÚDE AMBIENTAL RELACIONADA À QUALIDADE DA ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO - VIGIÁGUA

A Portaria N.º 2.914, de 2011, estabelece que o controle da qualidade da água é de responsabilidade de quem oferece o abastecimento coletivo ou de quem presta serviços alternativos de distribuição. No entanto, cabe às autoridades de saúde pública, de âmbito federal, estadual e municipal, das diversas instâncias de governo a missão de verificar se a água consumida pela população atende às determinações dessa portaria, inclusive no que se refere aos riscos que os sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde pública.

A vigilância da qualidade da água potável é definida como a contínua e permanente avaliação e inspeção sanitária da inocuidade e aceitabilidade do fornecimento da água potável (ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 1977). Sendo assim, o programa Vigilância em Saúde Ambiental relacionada à Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA) - consiste em desenvolver ações contínuas para garantir à população o acesso à água de qualidade compatível com o padrão de

potabilidade estabelecido na legislação vigente, para a promoção da saúde (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2005).

Ainda segundo o Ministério da Saúde, o VIGIAGUA foi concebido tomando por base os princípios e diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS), com indicadores de qualidade da água para consumo humano definidos, por meio de metodologia proposta pela Organização Mundial da Saúde (OMS), que subsidiaram o desenvolvimento do Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (SISAGUA).

Para operacionalizar as ações da VIGIAGUA (Figura 4), foi elaborado um Programa Nacional, que é coordenado, no âmbito federal, pela Coordenação Geral de Vigilância Ambiental em Saúde (CGVAM), da Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS). O programa inclui modelo, campo e forma de atuação baseados nas diretrizes do Sistema Único de Saúde (SUS), que tem como objetivos específicos de sua atuação:

- Reduzir a morbi-mortalidade por doenças e agravos de transmissão hídrica, por meio de ações de vigilância sistemática da qualidade da água consumida pela população;
- Buscar a melhoria das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água para consumo humano;
- Avaliar e gerenciar o risco à saúde das condições sanitárias das diversas formas de abastecimento de água;
- Monitorar sistematicamente a qualidade da água consumida pela população, nos termos da legislação vigente;
- Informar a população sobre a qualidade da água e riscos à saúde;
- Apoiar o desenvolvimento de ações de educação em saúde e mobilização social;
- Coordenar o Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água (SISAGUA).

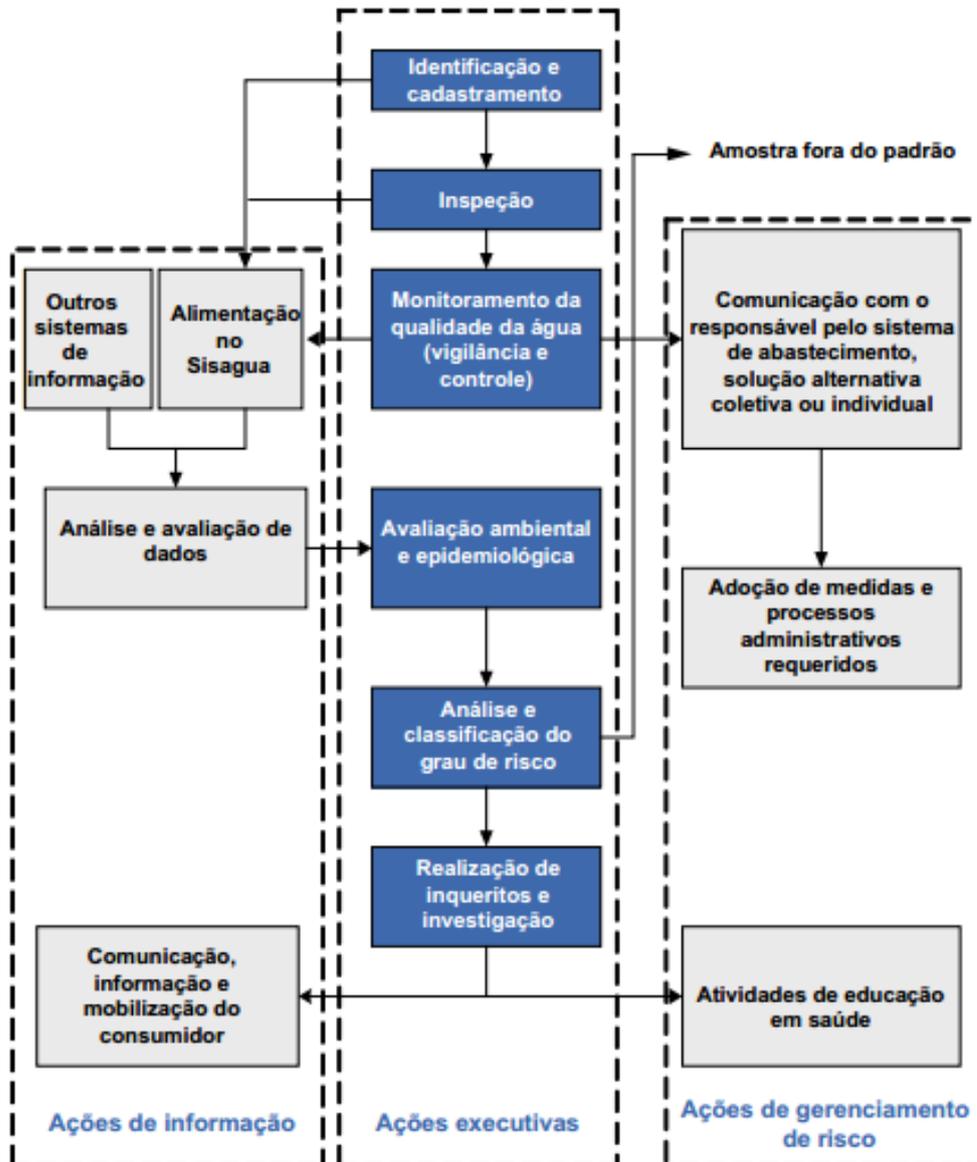
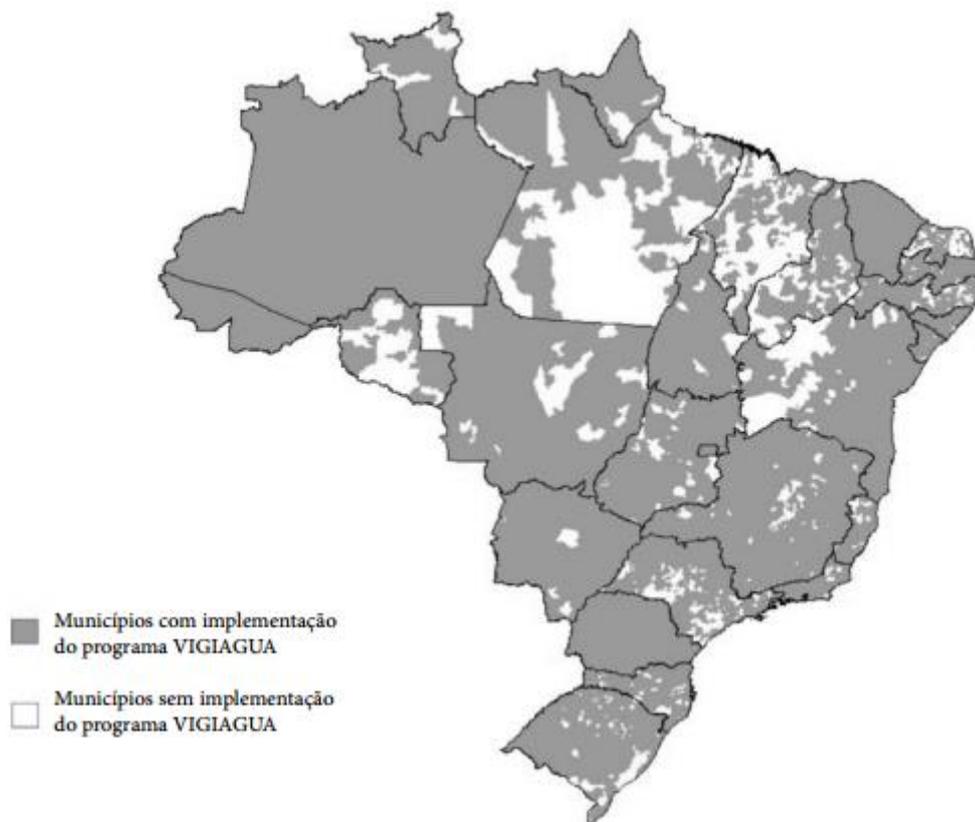


Figura 4 - Ações de operação para a vigilância da água para o consumo humano  
 Fonte: MINISTÉRIO DA SAÚDE (2005)

Segundo o SISAGUA (2010), o programa VIGIAGUA está implementado em todos os estados e Distrito Federal e, em 2010, reuniu informações de 4.830 municípios, demonstrando a capilaridade do VIGIAGUA em 87% dos municípios brasileiros, conforme apresentado na Figura 5. Na análise das informações geradas pelo SISAGUA, é notória a variação percentual da população abastecida por água proveniente dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA) entre as Unidades Federadas do Brasil (Figura 5). Nas regiões Centro-Oeste e Sul mais de 75% da população recebe água oriunda de Sistemas de Abastecimento, enquanto a região

Norte apresenta os menores percentuais da população com acesso a essa forma de abastecimento. Nos locais onde não existem sistemas de abastecimento de água, a população recorre a outras fontes denominadas Soluções Alternativas Coletivas (SAC) e Soluções Alternativas Individuais (SAI). Essas soluções alternativas geralmente não possuem tratamento de água, possibilitando a ocorrência de organismos patogênicos.



**Figura 5 - Distribuição geográfica da implementação do VIGIAGUA**  
Fonte: SISAGUA (2010)

### 3.6 TESTES ESTATÍSTICOS

Em sua essência, a Estatística é a ciência que apresenta processos próprios para coletar, apresentar e interpretar adequadamente conjuntos de dados, sejam eles numéricos ou não. Pode-se dizer que seu objetivo é o de apresentar informações

sobre dados em análise para que se tenha maior compreensão dos fatos que os mesmos representam (BUSSAB e MORRETIN, 2002).

Para Santana et al. (2012), os testes estatísticos são utilizados para se observar as medidas de tendência de um conjunto de dados, comparar hipóteses em diferentes grupos experimentais, testar diferenças entre grupos amostrais em um delineamento experimental, ajustar dados em um fator de dependência entre as variáveis, agrupar amostras em determinadas variáveis, classificar redes amostrais e outros. Estas utilizações são importantes no processo decisivo para aceitação ou refutação frente a uma hipótese científica, hipótese esta que se mescla com a estatística.

### 3.6.1 Teste de Hipóteses

Uma hipóteses estatística é uma afirmação ou conjetura sobre um ou mais parâmetros da distribuição de probabilidades de uma característica,  $X$ , da população ou de uma variável aleatória. Um teste de uma hipóteses estatística é o procedimento ou regra de decisão que nos possibilita decidir por  $H_0$  ou  $H_a$ , com base a informação contida na amostra (DÁVILA, 2012)

Ribeiro Júnior (2008) procede como procedimentos gerais do teste:

- Estabelecimento da hipótese nula,  $H_0$  e da hipótese alternativa  $H_a$ ;
- Decisão sobre qual o teste a ser usado;
- Cálculo da estatística de teste,  $T$ ;
- Encontro da probabilidade ( $p$ -valor) de observar um valor tão extremo ou maior do que  $T$  se a hipótese nula é de fato verdadeira;
- Avaliação da força da evidência contra  $H_0$ , onde quanto menor o  $p$ -valor, maior a evidência contra a hipótese nula. Porém, com a necessidade de decisão se esta é evidência suficiente para rejeitar (ou não rejeitar) a hipótese nula;
- Estabelecimento das conclusões e interpretação dos resultados.

Se uma hipótese for rejeitada quando deveria ser aceita, diz-se que foi cometido o erro do tipo I. Se, por outro lado, for aceita uma hipótese que deveria

ser rejeitada, diz-se que foi cometido um erro do tipo II. Em ambos os casos ocorreu uma decisão errada ou um erro de julgamento (SCUDINO, 2008).

### 3.6.2 P-valor

Ferreira e Patino diz, em 2015, que o p-valor é definido como a probabilidade de se observar um valor da estatística de teste maior ou igual ao encontrado. Tradicionalmente, o valor de corte para rejeitar a hipótese nula é de 0,05, o que significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes. O p-valor indica a probabilidade de se observar uma diferença tão grande ou maior do que a que foi observada sob a hipótese nula.

### 3.6.3 Testes de Normalidade

Os testes paramétricos necessitam de alguns pressupostos, a população da qual as amostras são retiradas devem ser normalmente distribuída. Então, deve-se sempre verificar antes da análise se os dados da amostra são aproximadamente normais para se decidir pelo uso de um teste paramétrico (SCUDINO, 2008). Para isso, se utilizam alguns testes de normalidade, dentre eles destacam-se: Lilliefor, Cramer e Shapiro-Wilk.

Cirillo e Ferreira (2003) afirma que um procedimento gráfico adotado muitas vezes para verificação da normalidade é o denominado "Q-Qplot". Nesses gráficos são plotados os percentis amostrais versus percentis esperados pelo ajuste de uma distribuição normal. Se os pontos se situarem próximos a uma reta de mínimos quadrados a suposição de normalidade deve ser aceita. Esse processo gráfico é bastante poderoso para verificar desvios de normalidade, entretanto não se constitui um teste formal, servindo apenas como uma análise exploratória dos dados e na identificação de *outliers*.

### 3.6.3.2 Cramer-von Mises

Este teste é também baseado na distribuição acumulada, foi proposto por Darling (1957). A estatística de teste é definida pela Equação 1.

$$W = \frac{1}{12n} + \sum_{i=1}^n (p_{(i)} - \frac{2i-1}{2n}), \quad (1)$$

onde  $p_{(i)} = \Phi([x(i) - \bar{x}]/s)$  são os percentis ordenados da distribuição normal padrão e  $\Phi$  representa a função de distribuição acumulada normal padrão.

### 3.6.4 Análise de Variância (ANOVA)

Para Mendonça Souza (2009), uma análise de variância permite que vários grupos sejam comparados a um só tempo, utilizando variáveis contínuas. O teste é paramétrico (a variável de interesse deve ter distribuição normal) e os grupos têm que ser independentes. Considerando uma variável de interesse com média  $\mu$  e variância  $\sigma^2$  tem-se dois estimadores de  $\sigma^2$ :  $S_E^2$  (dispersão entre os grupos) e  $S_D^2$  (dispersão dentro dos grupos). O teste é aplicado utilizando a estatística calculada (Equação 2) que é o teste que compara variâncias.

$$F = \frac{S_E^2}{S_D^2} \quad (2)$$

A variância das médias amostrais é calculada pela Equação 3, onde  $k$  representa o universo de grupos, logo o grau de liberdade  $\delta = k - 1$ .

$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^k x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^k x_i)^2}{k}}{k-1} \quad (3)$$

### 3.6.5 Teste de Tukey

Para Scudino (2008), uma análise de variância (ANOVA) rejeita ou não a hipótese de igualdade de médias populacionais de diversos grupos, mas não determina quais grupos têm médias estatisticamente diferentes. Por essa razão, o teste  $F$  feito na análise de variância é considerado um teste global (*omnibus test*). Terminada a análise de variância, o pesquisador busca um novo teste para comparar as médias de grupos.

O teste de Tukey, baseado na amplitude total estudentizada (“studentized range”, em inglês) pode ser utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamentos. O teste é exato e de uso muito simples quando o número de repetições é o mesmo para todos os tratamentos. A equação (4) que representa esta equação é dada por:

$$DMS = T_{\alpha} = \frac{q_{(\alpha, a, f)}}{\sqrt{2}} \sqrt{QM_{\text{Erro}} \left( \frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j} \right)} \quad (4)$$

Em que:

DMS: Diferença Mínima Significativa;

$q$ : Nível de Confiança;

$q$ : médias dos tratamentos;

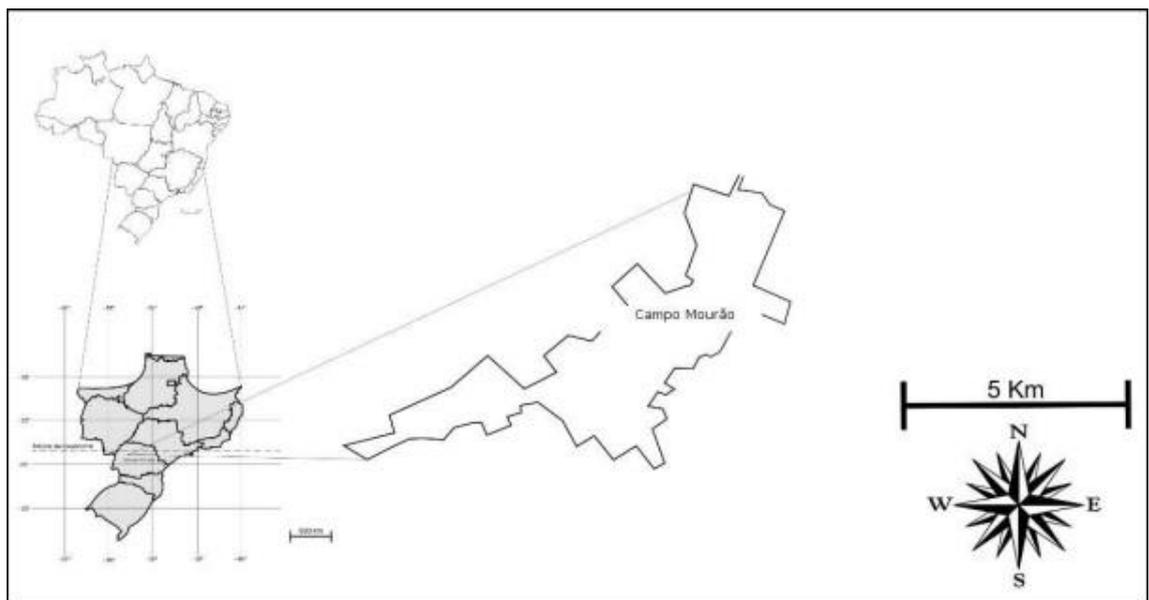
$f$ : graus de liberdade

## 4 MATERIAL E METODOS

Para que o presente estudo fosse realizado, foi solicitado ao órgão municipal responsável pela vigilância da qualidade da água o fornecimento de todas as análises de água realizadas durante o programa VIGIÁGUA no município, com início no ano de 2009 a Vigilância Sanitária de Campo Mourão. A partir dos dados obtidos, realizou-se uma análise estatística da qualidade da água.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2010), o município de Campo Mourão está localizado na mesorregião Centro Ocidental do Paraná (Figura 6), compreendido no terceiro Planalto Paranaense entre as coordenadas  $23^{\circ}57'18,26''$  a  $24^{\circ}17'53,21''$  Sul e  $52^{\circ}32'41,16''$  a  $52^{\circ}11'10,36''$  Oeste, com média altitudinal de 630 metros.



**Figura 6 - Localização do município de Campo Mourão**  
Fonte: SOUZA (2012)

Sobre o clima, solo e hidrografia do município, a Prefeitura de Campo Mourão (2016) descreve o seguinte:

“O clima é classificado como Cfa: Clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e geadas pouco frequentes, com tendência de concentração das chuvas nos meses de verão, sem estação seca definida. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior a 22 graus centígrados e a dos meses mais frios é inferior a 18 graus centígrados. A temperatura média anual está entre 20 e 21 graus centígrados.”

Com altitude média de 585 m e uma população urbana de 82.757 habitantes (IBGE, 2010), e segundo a Prefeitura Municipal de Campo Mourão, a cidade pertence à bacia hidrográfica do Rio Ivaí, sendo seu rio mais importante o Rio Mourão, que atravessa o Município de sul a norte. A vazão deste rio, associada à topografia de seu vale, oferece um bom potencial hidrodinâmico ao Município.

Na bacia do rio há o predomínio de ocupação rural, desenvolvimento da agricultura, pecuária e culturas menos intensivas. Fontes potenciais de poluição: efluentes de atividades agrícolas, esgoto e cargas perigosas nas rodovias que cortam o manancial (SANEPAR, 2009).

## 4.2 TRIAGEM DE DADOS

A partir dos cadastros no programa VIGIÁGUA, as amostras de água foram coletadas e analisadas afim de indentificar os parametros: flúor, cloro, turbidez e coliformes termotolerantes, conforme designado pelas diretrizes do programa, elaboradas pelo Ministério da Saúde, para garantir o cumprimento da Portaria 2914.

Os dados fornecidos pela VIGIÁGUA são análises realizadas do ano de 2009 a 2016, de cloro, fluór, coliformes e turbidez, em todos os sistemas de abastecimento cadastrados em Campo Mourão. As análises foram separadas em dois grupos,

conforme a Tabela 1, classificadas pelo tipo de abastecimento, tipo de água consumida e fonte de captação.

**Tabela 1 - Divisão dos dados de análises de água realizadas em Campo Mourão**

Grupo	Tipo de abastecimento	Tipo de água consumida	Tipo de captação
A	Sistema de abastecimento sob concessão (SAA)	Tratada na estação de tratamento de água de Campo Mourão	Superficial
B	Solução alternativa individual (SAI)	Natural ou com Desinfecção	Subterrânea
	Solução alternativa coletiva (SAC)	Natural ou com Desinfecção	Subterrânea

Para que fosse possível uma comparação entre as análises de água tratada, foram selecionados todos os pontos de coleta que se repetiram desde o início do programa VIGIÁGUA até o momento da concessão dos dados pela Vigilância Sanitária de Campo Mourão, ou seja, de 2009 a 2016, totalizando 40 pontos de coleta no grupo A.

Já o grupo B, por ter um volume muito menor de dados e não apresentar uma frequência de coletas em todos os anos do programa VIGIÁGUA, impossibilitando uma comparação dos pontos de coletas, optou-se por utilizar todas as análises realizadas neste período, totalizando 17 pontos de coleta que não repetiram em todos os anos (de 2009 a 2016).

#### 4.3 PARÂMETROS ANALISADOS NO PROGRAMA VIGIÁGUA EM CAMPO MOURÃO - PR

Os parâmetros analisados pelo VIGIAGIA foram sugeridos pelo setor nacional de saúde como indicadores de qualidade da água para consumo humano, com base na metodologia proposta pela OMS. Tais parâmetros são:

- Parâmetros microbiológicos: coliformes totais e *Escherichia coli*
- Parâmetros físicos: turbidez
- Parâmetros químicos: cloro residual livre e flúor

O Ministério da Saúde determinou como parâmetros a serem analisados no VIGIAGUA coliformes, turbidez e cloro por constituírem indicadores fundamentais e de análise da qualidade microbiológica da água, flúor por ser uma substância de incorporação obrigatória à água e por seu significado de saúde, seja pela falta ou por excesso. Portanto, são essas as informações que em devem constar nos relatórios preenchidos pelos responsáveis pela operação de sistemas de abastecimento de água, enviados ao setor saúde de acordo com os planos de amostragem e incorporadas ao SISAGUA.

Contudo, a pesquisa de algum outro parâmetro específico por parte da vigilância pode ser necessária quando o consumo da água estiver relacionada à da ocorrência de acidentes ou de indícios de agravos à saúde associados à presença de determinada substância na água no município.

#### 4.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

O *software* utilizado para a análise estatística foi o R, um programa com uma linguagem e um ambiente para computação que oferece fornece uma grande variedade de ferramentas de análise estatística e técnicas gráficas.

O primeiro teste estatístico realizado foi o de normalidade dos resíduos dos dados coletados. Foi feito o teste estatístico de normalidade Cramer-von Mises. A partir disto foi realizada a análise de variância (ANOVA) para verificar se o conjunto de dados são representados estatisticamente por determinado conjunto de dados. Por fim, o teste de Tukey foi realizado, afim de verificar se a amostra tem algum maior valor que a representa estatisticamente.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 LEGISLAÇÃO PERTINENTE

A Portaria MS n.º 518/2004 estabelece, em seus capítulos e artigos, as responsabilidades por parte de quem produz a água, no caso, os sistemas de abastecimento de água e de soluções alternativas, a quem cabe o exercício de “controle de qualidade da água” e das autoridades sanitárias das diversas instâncias de governo, a quem cabe a missão de “vigilância da qualidade da água para consumo humano”. Também ressalta a responsabilidade dos órgãos de controle ambiental no que se refere ao monitoramento e ao controle das águas brutas de acordo com os mais diversos usos, incluindo o de fonte de abastecimento de água destinada ao consumo humano.

No dia 12 de dezembro de 2011, entrou em vigor a Portaria n.º 2914, do Ministério da Saúde, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade e revoga a Portaria n.º 518.

Nas análises do Grupo A, o tipo de tratamento de água realizado pela concessionária responsável pelo abastecimento de água na cidade de Campo Mourão – PR, é o tratamento completo com filtração rápida. Nas duas Portarias em questão é especificado o valor máximo de turbidez para este tipo de filtração. Porém, a Portaria atual altera o Valor Máximo Permitido (VMP) de turbidez para a filtração rápida. Sendo as análises do ano de 2009 a 2016, e tendo em vista as mudanças na Portaria, a única que se aplica ao presente estudo (tendo em vista os parâmetros analisados) é a alteração VMP no parâmetro turbidez, para pós-filtração ou pré-desinfecção, conforme observado na Tabela 2.

Quanto ao Grupo B, onde se enquadram as análises de água provenientes de soluções alternativas de abastecimento (SAC e SAI) e no que se refere aos padrões de potabilidade analisados no presente estudo, a legislação nas duas portarias não faz diferença quanto ao tipo de abastecimento, com exceção do parâmetro turbidez. Nas duas portarias a turbidez para águas subterrâneas com desinfecção deve atender o VMP de 1,0 uT.

**Tabela 2 - Padrão de potabilidade das Portarias n.º 518/2004 e n.º 2914/2011 referente a água tratada por tratamento completo com filtração rápida**

Parâmetro	Portaria n.º 518/2004	Portaria n.º 2914/2011
Cloro	0,5 a 2 mg/L	0,5 a 2 mg/L
Coliformes totais	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
<i>E. coli</i>	Ausência em 100 mL	Ausência em 100 mL
Flúor	Máximo de 1,5 mg/L	Máximo de 1,5 mg/L
Turbidez	Máximo de 1,0 uT	Máximo de 0,5 uT

O artigo 30 da portaria atual, em concordância com a portaria revogada, estabelece que a turbidez deve ser atendida em, pelo menos, 95% das análises realizadas e que os 5% restantes não devem ultrapassar o VMP de turbidez em 5 uT em qualquer amostra pontual da rede de distribuição de água ou dos sistemas alternativos de abastecimento.

A mudança no padrão turbidez é estabelecida na Portaria n.º 2914 com metas estabelecidas no período de 4 anos (Tabela 3). Sendo que, após esse período, toda amostra analisada deverá atender o novo VMP. Para Ribeiro (2012), tal mudança, como parte do padrão microbiológico, de 1uT para 0,5uT, é uma alteração rigorosa, mas de atendimento gradual ao longo dos próximos quatro anos, propiciando assim, margem para os ajustes eventualmente necessários nas estações de tratamento de água.

**Tabela 3 - Metas progressivas para atendimento ao valor máximo permitido de 0,5 uT**

Período após a publicação da Portaria	Turbidez $\leq$ 0,5 uT	Turbidez $\leq$ 1,0 uT
Final do primeiro ano (2012)	Em no mínimo 25% das amostras	
Final do segundo ano (2013)	Em no mínimo 50% das amostras	No restante das amostras coletadas
Final do terceiro ano (2014)	Em no mínimo 75% das amostras	
Final do quarto ano (2015)	Em no mínimo 95% das amostras	

## 5.2 GRUPO A

Conforme o item 4.2, na triagem de dados do grupo A foram excluídos os pontos de coleta que não se repetiam de 2009 a 2016, resultando na Tabela 4, contendo vinte e dois bairros do município de Campo Mourão-PR. Como todos os pontos são analisados em todos os anos da atuação do VIGIAGUA no município, teve-se um total de 1600 resultados de análises.

**Tabela 4 - Pontos de análises de água realizadas entre 2009 e 2016**

**(continua)**

<b>Bairro</b>	<b>Ponto</b>
Jardim Tropical	1
Jardim Tropical	2
Jardim Paulista	3
Jardim Santa Cruz	4
Jardim Modelo	5
Jardim Modelo	6
Jardim Alvorada	7
Jardim Cidade Nova	8
Vila Urupês	9
Vila Urupês	10
Jardim Araucária	11
Vila Urupês	12
Jardim Vitória	13
Jardim Copacabana	14
Centro	15
Centro	16
Centro	17
Centro	18
Centro	19
Jardim Silvana	20
Conjunto Milton L. Pereira	21
Conjunto Milton L. Pereira	22
Lar Paraná	23
Parque Industrial	24
Lar Paraná	25
Lar Paraná	26
Vila Guarujá	27
Lar Paraná	28
Jardim Gutierrez	29
Jardim Lourdes	30
Jardim Lourdes	31
Jardim Ilha Bela	32

**Tabela 4 - Pontos de análises de água realizadas entre 2009 e 2016**

<b>Bairro</b>	<b>Ponto</b>
Jardim Maia	33
Centro	34
Centro	35
Jardim Pio XII	36
Lar Paraná	37
Jardim Paulino	38
Centro	39
Jardim Parigot de Souza	40

**(conclusão)**

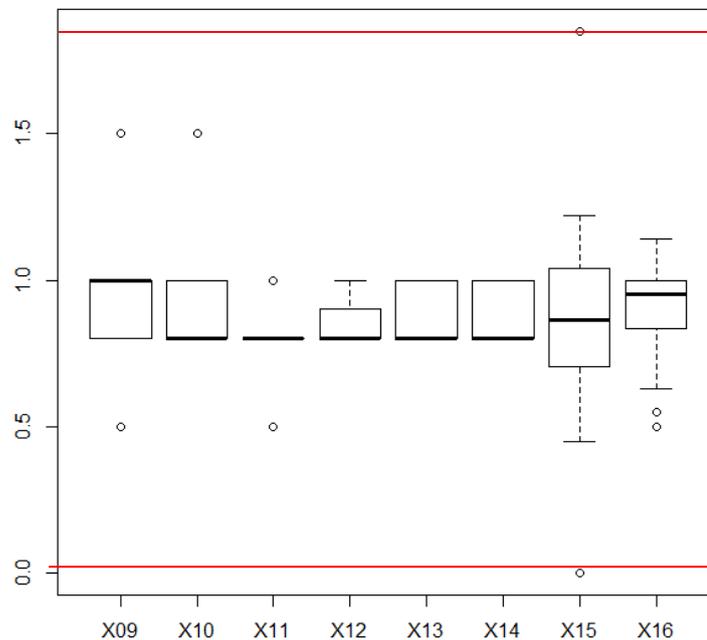
Apesar da não divulgação dos endereços, vale ressaltar que todos os pontos de análise na Tabela 4 são referentes a lugares com maior circulação de pessoas, como unidades de saúde, escolar, creches, e etc. Assim tornando ainda mais imprescindível a garantia de água de boa qualidade a população.

### 5.2.1 Cloro

Segundo Richter e Azevedo Netto (1991), o cloro é o desinfetante mais utilizado na Estação de Tratamento de Água (ETA), pois é fácil de ser obtido, em qualquer uma de suas formas, de fácil aplicação, baixo custo, além de deixar o residual para garantia de desinfecção da água até seu ponto de consumo, conforme portaria MS 2914/2011.

Vieira et al. (2004) apontam alguns motivos que permitem entrada de substâncias no sistema, como reparos e conexões em tubulações, pontas de 35 tubulação, tubulações antigas em ferro fundido, limpeza e manutenção do sistema e a qualidade da água bruta. Segundo os autores, além do consumo de cloro livre pela reação com substâncias, outros fatores também reduzem o cloro livre presente na água, como tempo de detenção em reservatórios, quantidade de pontos de ramificação de redes e velocidade de escoamento.

Para uma melhor visualização dos dados foi gerado um gráfico (Figura 7) com os resultados das análises de do Grupo A, de 2009 a 2016, durante a execução do programa VIGIÁGUA em Campo Mourão – PR.



**Figura 7 - Análises de cloro residual na água de SAA de Campo Mourão - PR**

Pode-se observar que o ano de 2015 foi o que mais teve variações nos valores de cloro residual, seguido do ano de 2010 e 2016. Nenhum valor medido passou do limite exigido pela legislação pertinente (2,0 mg/L), porém algumas medições estavam abaixo do valor mínimo exigido (Tabela 5).

**Tabela 5 – Análises de cloro residual em desconformidade com a legislação**

Bairro	Ponto	Ano de coleta	Cloro residual (mg/L)
Jardim Tropical	2	2015	0,00
Centro	18	2015	0,45
Vila Guarujá	27	2015	0,00

Para garantir o teor mínimo previsto pelo padrão de potabilidade, o primeiro passo seria o aumento da concentração do cloro na saída da ETA, porém isso pode acarretar em outros problemas como a formação de subprodutos prejudiciais à saúde, e na percepção dos consumidores como no gosto, coloração e odor (SALGADO, 2008). Porém, devido ao baixo número de amostras fora do padrão, seria mais viável

o monitoramento mais frequente dos Pontos 2, 14 e 28 e fazer o manutenção de cloro na rede, conforme previsto na legislação atual, recomendada pelo MS. Afim de verificar se os resultados das análises dos anos de 2009 a 2016 podem ser representados estatisticamente, realizou-se a análise estatística a partir da Tabela 6, e posteriormente verificou-se se os dados destes anos são representativos.

**Tabela 6 - Resultados das análises de cloro residual**

(continua)

<b>Ponto</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>1</b>	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,99
<b>2</b>	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,00	1,00
<b>3</b>	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,88	1,12
<b>4</b>	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,79	0,97
<b>5</b>	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,73	0,94
<b>6</b>	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,69	0,96
<b>7</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	1,06	0,95
<b>8</b>	0,80	1,00	1,00	0,80	1,00	0,80	0,61	0,55
<b>9</b>	0,80	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,83	0,85
<b>10</b>	0,80	1,00	0,80	0,80	1,00	1,00	0,86	0,80
<b>11</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,87	0,98
<b>12</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	1,00	0,80	0,85	0,84
<b>13</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	1,00	0,80	1,03	0,92
<b>14</b>	0,50	0,80	0,80	0,80	1,00	0,80	1,05	1,03
<b>15</b>	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,91	1,00
<b>16</b>	0,80	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	1,22	1,11
<b>17</b>	0,80	0,80	1,00	0,80	1,00	1,00	0,45	1,00
<b>18</b>	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	1,00	0,70	1,05
<b>19</b>	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	1,00	1,85	0,95
<b>20</b>	1,00	0,80	0,80	1,00	0,80	0,80	0,90	1,00
<b>21</b>	1,00	1,00	0,80	1,00	0,80	0,80	0,78	1,14
<b>22</b>	1,00	0,80	0,80	1,00	0,80	0,80	1,07	1,06
<b>23</b>	1,00	1,50	0,80	1,00	1,00	1,00	1,09	0,88
<b>24</b>	1,00	0,80	0,80	1,00	0,80	0,80	0,50	0,77
<b>25</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	0,98	0,87
<b>26</b>	0,80	1,50	0,50	0,80	1,00	1,00	1,10	0,71
<b>27</b>	1,00	0,80	0,80	0,80	1,00	0,80	0,00	0,83
<b>28</b>	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	1,17	1,00
<b>29</b>	0,80	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,71	0,82
<b>30</b>	1,00	0,80	0,80	0,80	1,00	0,80	0,80	0,63
<b>31</b>	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,98	0,86
<b>32</b>	1,00	1,00	0,80	0,80	1,00	1,00	0,85	0,50

Tabela 6 - Resultados das análises de cloro residual

(conclusão)

Ponto	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
33	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	0,80	0,61	0,94
34	0,80	1,00	1,00	0,80	1,00	1,00	0,62	0,68
35	1,00	1,00	0,80	0,80	0,80	1,00	1,06	1,00
36	1,00	0,80	0,80	1,00	0,80	1,00	0,96	0,98
37	0,80	1,00	1,00	1,00	0,80	1,00	0,89	1,09
38	1,50	0,80	0,80	1,00	0,80	1,00	1,06	0,78
39	0,50	0,80	0,80	0,80	1,00	0,80	0,90	0,90
40	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,59	0,96

Utilizando a Tabela 6, verificou-se se os dados seguem uma distribuição normal em relação aos anos 2009 a 2016. Assim testou-se os dados no modelo de Cramer para tal verificação, obteve-se um p-valor de  $(4,40 \times 10^{-9})$ , isto é, não possuem distribuição normal, o p-valor é menor que 0,05. Desta forma, estatisticamente não se pode comparar os anos de análises de cloro residual.

### 5.2.2 Coliformes Totais e *Escherichia coli*

A detecção de agentes patogênicos na água é extremamente difícil em razão de suas baixas concentrações e para verificar essa possível contaminação, considera-se a presença de organismos indicadores como as bactérias do grupo coliformes (APHA, 1998). A portaria nº 2914, quanto ao, padrão microbiológico traz a obrigatoriedade da análise de *E. coli*, considerado o melhor indicador bacteriano para contaminação fecal (RIBEIRO, 2012).

A Tabela 7 apresenta pontos onde foi detectada a presença de coliformes totais. Foram constatados treze pontos contaminados durante a execução do VIGIAGUA. Dos treze pontos, quatro deles tiveram contaminação recorrente (ponto 11, 22, 27, 26 e 27), situados nos bairros: Araucária, Conjunto Milton L. Pereira, Lar Paraná e Vila Guarujá. Nos pontos 26 e 33 foi encontrada a bactéria *E. coli*.

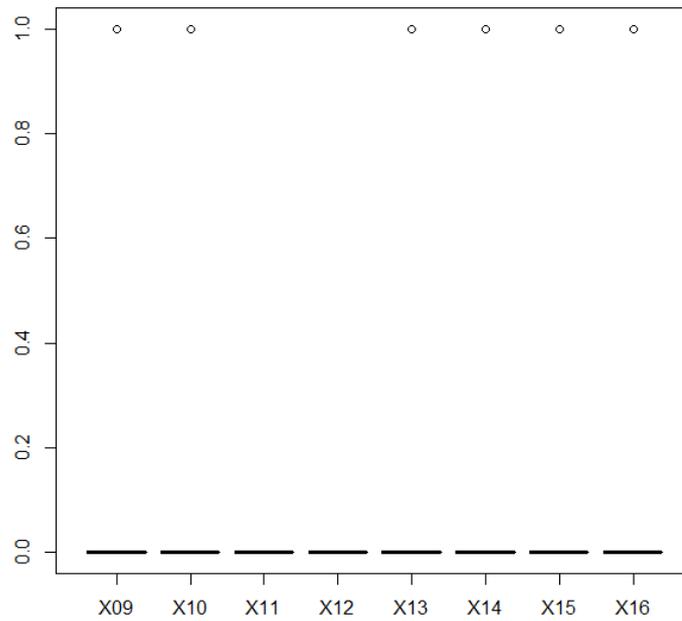
**Tabela 7 - Pontos que apresentaram coliformes totais nas análises**

Bairro	Ponto	Ano de coleta da amostra contaminada
Jardim Tropical	2	2015
Jardim Araucária	11	2013 e 2016
Vila Urupês	12	2015
Jardim Silvana	20	2010
Conjunto Milton L Pereira	22	2010 e 2015
Parque Industrial	24	2015
Lar Paraná	26	2010, 2014 e 2016
Vila Guarujá	27	2010 e 2015
Jardim Lourdes	30	2016
Jardim Ilha Bela	32	2009
Jardim Maia	33	2016
Jardim Pio XII	36	2010
Centro	39	2016

A pureza bacteriológica é o mais importante parâmetro, pois é ele que determinará a real qualidade da água. *E. coli* é indicador de contaminação fecal do trato intestinal de animais de sangue quente, onde contém um grande número de bactérias que são eliminadas com as fezes. A presença das bactérias do grupo dos coliformes na água de um rio significa que esse rio recebeu matérias fecais, ou esgotos. Por outro lado, são as fezes das pessoas doentes que transportam, para as águas ou para o solo, os micróbios causadores de doenças (DEBERDT, 2003).

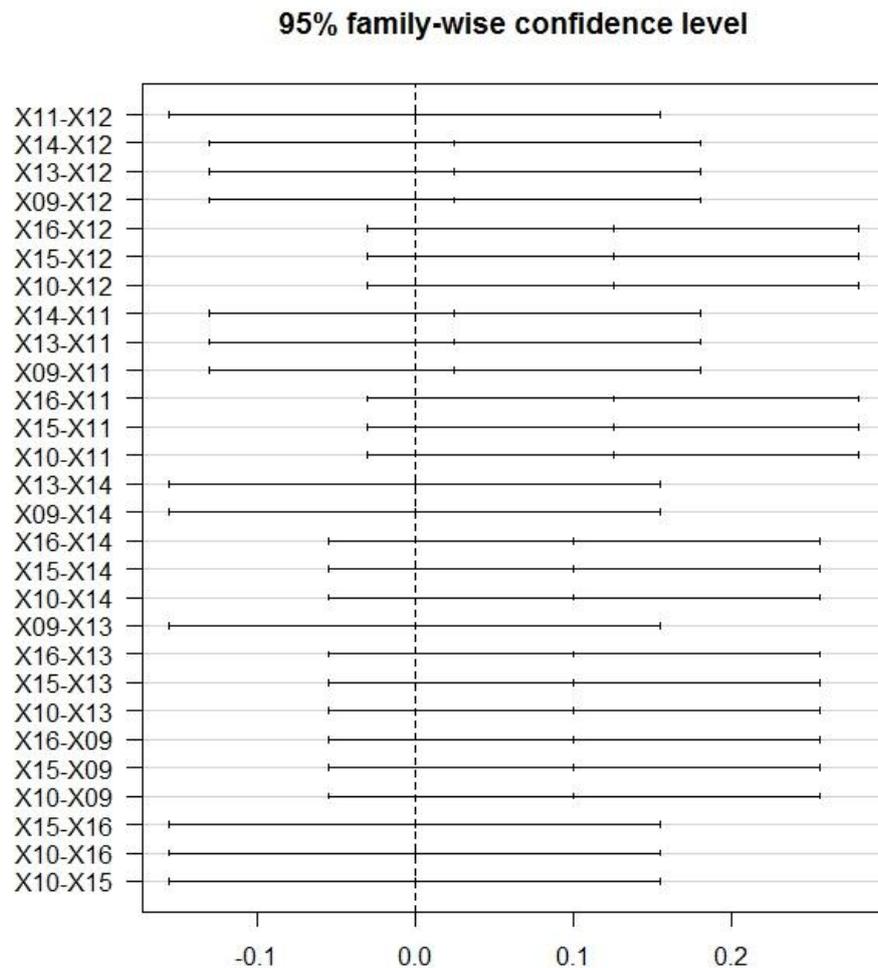
A legislação atual exige a análise periódica de cistos de *Giardia* e de *Cryptosporidium* nos pontos de captação dos mananciais de água superficial com média geométrica anual igual ou superior a 1.000 *E.coli*/100 mL, o que não era recomendado na portaria nº 518/2004. Para Ribeiro (2012), essa abordagem começa a introduzir os conceitos avaliação quantitativa de risco microbiológica e a importância da preservação dos mananciais como requerido nos planos de segurança da água dentro da nossa legislação. Porém o monitoramento no município de Campo Mourão não especifica a quantidade de coliformes/*E. coli* encontrados, impossibilitando o tais análises.

A VS, em seus relatórios de qualidade da água, registra os resultados dos parâmetros coliformes totais e *E. coli* somente como “presente” e “ausente”. Para que estes resultados pudessem ser manipulados estatisticamente, o termo “presente” e “ausente” foram expressos substituído na Figura 8.



**Figura 8 – Análise dos Coliformes Fecais.**

Pode-se observar que não existe relação numérica quantitativa nos dados de coliformes fecais. Assim realizou-se uma análise descritiva de intervalo de confiança a 95% (Figura 9), ao comparar, ano a ano, os resultados das análises de coliformes, mostra que todas as interações realizadas podem ser comparadas, visto que todos os intervalos são interceptados pelo tracejado no valor 0.0.

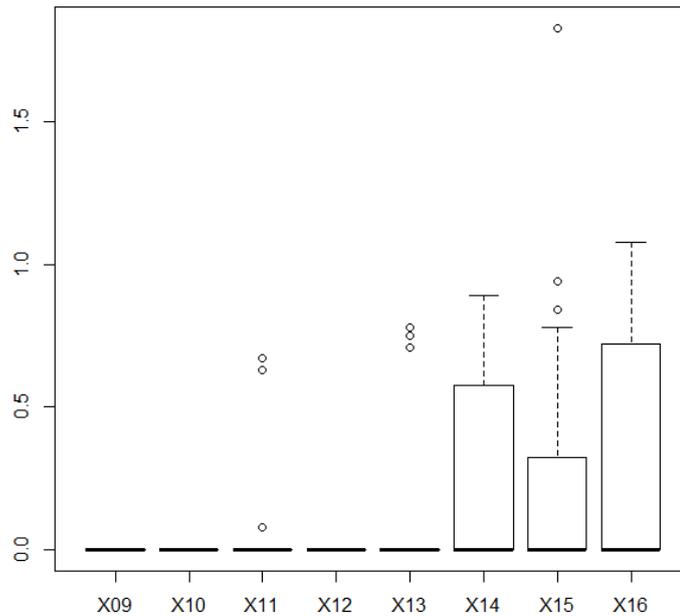


**Figura 9 - Comparação de 95% do nível de confiança das médias dos múltiplos de Tukey para a variável coliformes totais**

### 5.2.3 Flúor

No Brasil, a fluoretação se tornou obrigatória a partir de 1974, através da Lei Federal n.º 6050, regulamentada por decreto um ano depois. A Portaria do Ministério da Saúde nº 635/BSB (1975) estabelece que, de acordo com as médias das temperaturas máximas diárias de cada localidade, variando entre 10°C e 32,5°C, a concentração de flúor deve variar entre 0,6 e 1,7 partes por milhão (ppm). Em 2011, a concentração máxima de flúor foi alterada para 1,5ppm, equivalente a 1,5 miligramas de flúor por litro de água, através da Portaria nº 2.914 do Ministério da Saúde.

Apesar da obrigatoriedade da fluoretação, no município de Campo Mourão-PR a presença de flúor na água de abastecimento público só foi detectada nos anos de 2011, 2013, 2014, 2015 e 2016 (Figura 10) e, mesmo nesses anos, grande parte das amostras não continha quantidades representativas de flúor.



**Figura 10 – Análises de flúor na água de SAA de Campo Mourão - PR**

Durante o programa VIGIAGUA o único ponto com o teor de flúor acima do permitido pela Portaria n.º 2914 foi ponto 20, com teor de flúor de 1,83 mg/L. Para Dias (2014), a fluoretação em doses certas é a medida preventiva da cárie dentária de melhor custo-benefício. Porém Andrade (2015) explana sobre o excesso de flúor na água, onde afirma que sua adição seria responsável pela fluorose dentária, alterações nos ossos, cartilagens e cérebro.

Para a realização dos testes estatísticos, as análises de flúor foram dispostas na Tabela 8.

**Tabela 8 - Resultado das análises de flúor**

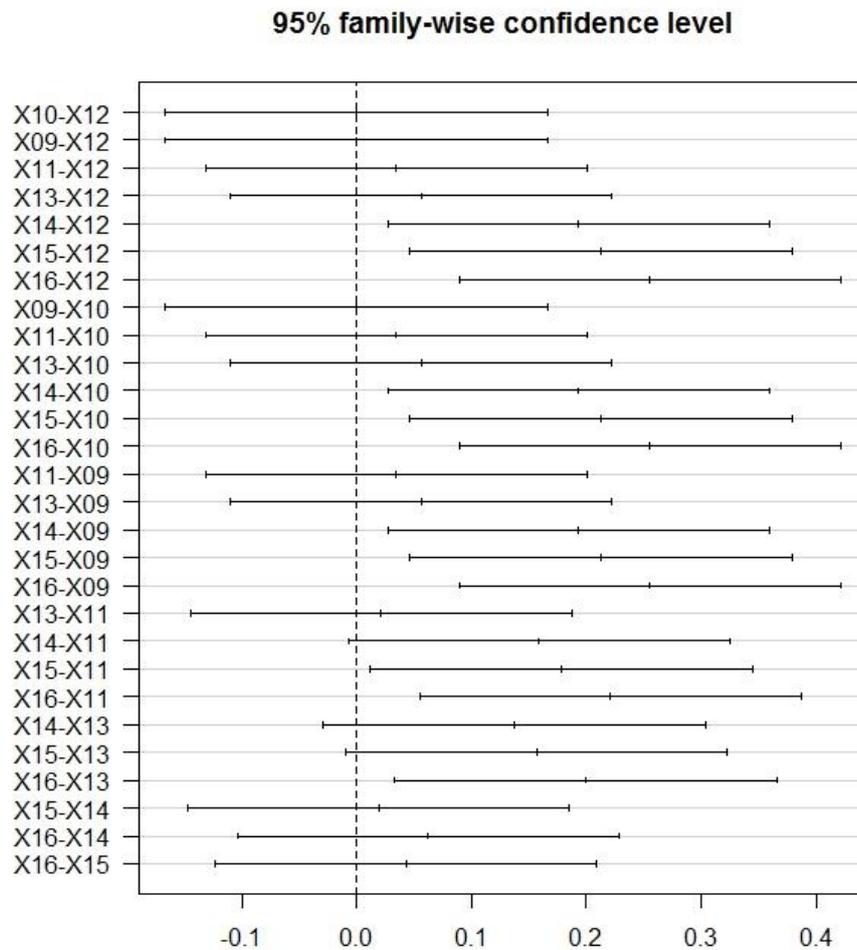
<b>Ponto</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>1</b>	0	0	0	0	0	0,75	0	0,75
<b>2</b>	0	0	0,08	0	0	0	0	0,72
<b>3</b>	0	0	0	0	0	0,74	0,65	0,72
<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>5</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>6</b>	0	0	0	0	0	0	0,94	0,74
<b>7</b>	0	0	0	0	0,78	0,60	0	0
<b>8</b>	0	0	0	0	0	0,66	0	1,08
<b>9</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,69
<b>10</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,82
<b>11</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>12</b>	0	0	0	0	0,71	0	0,66	0
<b>13</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>14</b>	0	0	0	0	0,75	0	0	0
<b>15</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,79
<b>16</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>17</b>	0	0	0,67	0	0	0	0	0
<b>18</b>	0	0	0	0	0	0	0,71	0
<b>19</b>	0	0	0	0	0	0,89	0	0
<b>20</b>	0	0	0,63	0	0	0	1,83	0
<b>21</b>	0	0	0	0	0	0,69	0,70	0
<b>22</b>	0	0	0	0	0	0,78	0	0
<b>23</b>	0	0	0	0	0	0,63	0	0
<b>24</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>25</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>26</b>	0	0	0	0	0	0,66	0,78	0
<b>27</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>28</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>29</b>	0	0	0	0	0	0,55	0	0
<b>30</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,75
<b>31</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>32</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>33</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,65
<b>34</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>35</b>	0	0	0	0	0	0	0,69	0,84
<b>36</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,92
<b>37</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>38</b>	0	0	0	0	0	0	0,84	0
<b>39</b>	0	0	0	0	0	0	0	0,75
<b>40</b>	0	0	0	0	0	0,78	0,70	0

A partir dos dados (Tabela 8) a normalidade dos dados foi confirmada com o teste de Cramer ( $p$ -valor = 1). Assim a ANOVA foi realizada, obteve um  $p$ -valor de  $2,2 \times 10^{-16}$ , indicando a confiabilidade estatística da variância dos dados. Para o teste de Tukey aplicado (Tabela 9), é possível observar seis grupos diferentes para os anos de análise de flúor. Os anos 2009, 2010 e 2012 se enquadram no mesmo grupo (grupo d). Isso se deve ao fato de os anos em questão não tiveram nenhum resultado positivo para a presença de flúor na água, como pode ser observado na Tabela 8.

**Tabela 95 - Teste de Tukey para a variável flúor**

<b>Grupo</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Significado</b>
<b>a</b>	2016	0,2555
<b>ab</b>	2015	0,2155
<b>abc</b>	2014	0,1932
<b>bcd</b>	2013	0,056
<b>cd</b>	2011	0,0345
<b>d</b>	2009	0
<b>d</b>	2010	0
<b>d</b>	2012	0

A comparação dos intervalos de confiança para o teste de Tukey (Figura 11) indica desigualdade, principalmente, entre os anos do grupo d com os anos do grupo a, ab e abc. Isso se dá devido a diferença significativa entre suas médias, tendo em vista que os anos de 2009, 2010 e 2012 não tiveram o flúor detectado nas análises, não podendo ser comparados. É possível observar também que, os pares de anos que não puderam ser comparados, obtiveram muitos resultados de nulidade, em um pelo menos um deles.



**Figura 11 - Comparação de 95% do nível de confiança das médias dos múltiplos de Tukey para a variável flúor**

O ano de 2016 foi determinado como o representante dos outros anos (Tabela 9) por ter a maior média de flúor observada. Porém na tabela 10 nota-se que, ainda assim, não apresenta flúor na água em várias coletas realizadas, o que diverge da legislação.

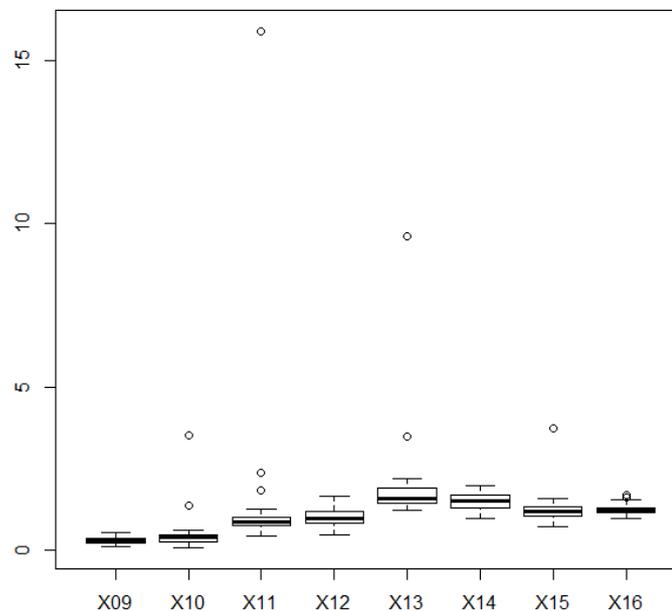
#### 5.2.4 Turbidez

Atualmente, mananciais para abastecimento público de grandes centros urbanos vem recebendo esgoto doméstico e efluentes industriais sem tratamento, decorrente do crescimento populacional desordenado e da falta de investimentos para

coleta e tratamento desses efluentes. Paralelamente, em determinadas épocas do ano, devido ao aumento da frequência, intensidade e duração das precipitações atmosféricas, o escoamento superficial resultante carrega grande quantidade de partículas e matéria orgânica dissolvida ocasionando aumento da turbidez e cor da água bruta nas estações de tratamento de água.

Para o parâmetro físico de avaliação do nível de turbidez, que se deve à presença de material sólido em suspensão, causando um aspecto estético indesejável (APHA, 1998). Esse parâmetro possui grande relevância devido à dificuldade na desinfecção pela proteção conferida pelas partículas em suspensão, impedindo o contato direto dos agentes patogênicos aos desinfetantes (BRASIL, 2011).

O VMP de referência na água de consumo apresentou-se, na maior parte, satisfatório (Figura 12). Dois pontos (23 e 26 – situados no Lar Paraná) tiveram os resultados de turbidez não condizentes com a legislação, e com valores muito acima do permitido, porém, pode-se observar que o resultado não foi recorrente nos anos seguintes.



**Figura 12 – Análises de turbidez na água SAA de Campo Mourão - PR**

A turbidez natural das águas está, geralmente, compreendida na faixa de 3 a 500 unidades de turbidez. Para fins de potabilidade, a turbidez deve ser inferior a uma

unidade. Tal restrição fundamenta-se na influência da turbidez nos processos usuais de desinfecção, atuando como escudo aos microorganismos patogênicos e assim minimizando a ação do desinfetante (BRASIL, 2006). Porém na legislação em vigor (BRASIL, 2011), o VMP é de 5,0 uT, que ainda dispõe que o importante é garantir a turbidez da água submetida à desinfecção e que a turbidez pode aumentar durante o processo de tratamento da água (em função da adição de produtos químicos durante a desinfecção). O Ministério da Saúde (2012) diz é importante esclarecer que, se atendido o valor de turbidez da água pré-desinfecção, a turbidez da água na saída do tratamento dificilmente será próxima de 5,0 uT.

A Tabela 10 apresenta os resultados das análises feitas nos anos de 2009 a 2016, que foram os valores utilizados nos testes estatísticos realizados.

**Tabela 10 - Resultado das análises de turbidez**

(continua)

<b>Ponto</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
<b>1</b>	0,24	0,38	0,48	0,85	1,52	1,70	1,18	1,24
<b>2</b>	0,25	0,42	0,58	0,66	1,56	1,59	0,86	1,16
<b>3</b>	0,34	0,34	0,88	0,73	1,35	1,67	1,49	1,10
<b>4</b>	0,28	0,22	0,59	0,85	1,67	1,63	1,14	1,20
<b>5</b>	0,23	0,33	2,35	1,32	1,57	1,65	1,00	1,14
<b>6</b>	0,38	0,39	1,26	1,11	1,71	1,49	1,10	1,18
<b>7</b>	0,37	0,25	1,12	0,79	1,93	1,20	1,38	1,44
<b>8</b>	0,17	0,28	0,81	0,81	1,54	1,50	1,41	1,14
<b>9</b>	0,3	0,21	0,92	0,85	1,20	1,49	1,24	1,16
<b>10</b>	0,23	0,25	0,63	1,38	1,97	1,57	1,27	1,10
<b>11</b>	0,33	0,36	1,02	0,80	1,73	1,62	1,29	1,01
<b>12</b>	0,18	0,49	0,81	0,76	1,29	1,39	1,55	1,32
<b>13</b>	0,46	0,38	0,92	1,19	1,21	1,31	1,37	1,13
<b>14</b>	0,10	0,22	0,80	1,47	2,07	1,32	1,53	1,10
<b>15</b>	0,28	0,37	1,16	0,99	1,87	1,16	1,47	1,47
<b>16</b>	0,45	0,52	0,91	0,83	1,41	1,27	1,29	1,34
<b>17</b>	0,35	0,38	0,59	0,70	1,58	1,22	0,95	1,37
<b>18</b>	0,51	0,62	1,09	0,48	1,43	1,97	1,20	1,25
<b>19</b>	0,45	1,35	1,02	1,12	1,97	1,03	1,13	1,28
<b>20</b>	0,22	0,22	0,71	1,35	1,35	1,76	1,18	1,20

**Tabela 10 - Resultado das análises de turbidez**

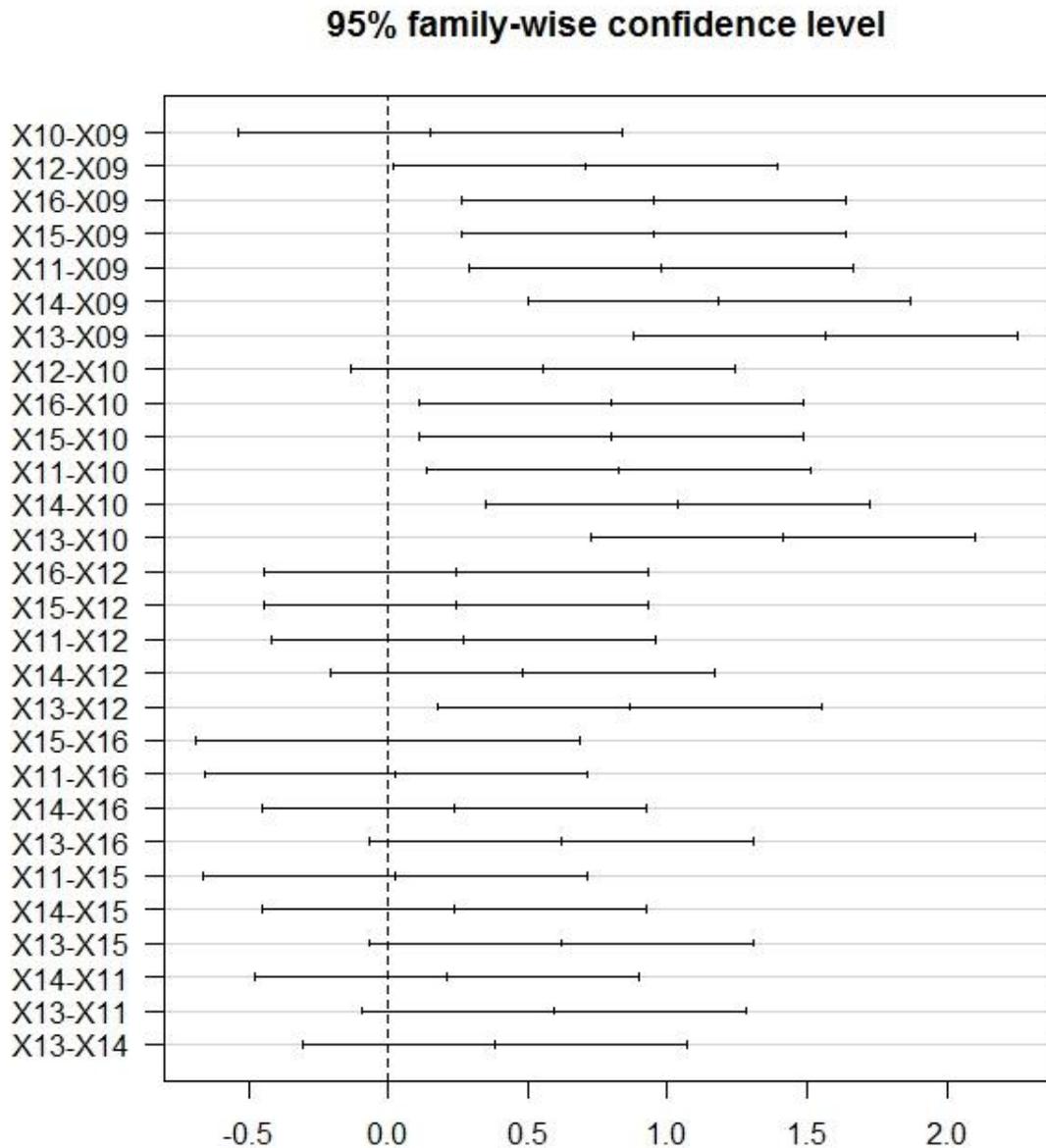
Ponto								(conclusão)	
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
21	0,10	0,52	0,89	0,98	1,87	1,35	0,98	1,29	
22	0,25	0,08	0,79	0,64	1,60	1,80	1,32	1,26	
23	0,33	0,41	0,80	0,97	9,60	1,40	1,34	1,61	
24	0,30	0,08	0,77	1,32	1,59	1,58	1,57	1,28	
25	0,16	0,07	0,83	1,17	2,18	1,25	0,99	1,26	
26	0,22	0,58	15,9	0,93	2,18	1,32	0,73	1,28	
27	0,55	0,43	0,70	0,88	1,49	1,30	1,27	1,03	
28	0,33	0,43	0,76	1,63	3,49	1,32	1,09	1,28	
29	0,25	0,28	1,03	0,87	1,54	1,67	0,92	1,12	
30	0,23	0,49	0,78	0,84	1,35	1,30	1,10	1,15	
31	0,36	0,38	1,81	0,79	1,92	0,98	0,93	1,22	
32	0,29	0,29	0,44	0,90	1,92	1,94	1,09	1,18	
33	0,29	0,39	0,93	1,49	1,68	1,16	1,28	1,14	
34	0,10	0,45	0,57	1,02	1,26	1,67	0,84	1,25	
35	0,41	0,08	0,92	1,02	1,49	1,92	1,10	0,97	
36	0,35	0,22	0,99	1,09	1,55	1,49	3,74	1,31	
37	0,20	0,50	0,92	1,17	1,77	1,22	0,94	1,52	
38	0,51	3,51	0,99	0,93	1,38	1,58	1,32	1,22	
39	0,55	0,56	0,69	1,13	1,54	1,78	1,16	1,68	
40	0,10	0,31	0,86	1,33	1,36	1,85	1,21	1,54	

O teste de normalidade realizado apresentou resultado igual aos testes de normalidade para os parâmetros flúor ( $p$ -valor = 1), onde o teste de Cramer aceitou a normalidade dos resultados das análises de turbidez. A ANOVA realizada obteve um  $p$ -valor de  $6,04 \times 10^{-12}$ , aceitando a hipótese de que os dados são confiáveis estatisticamente. O teste de Tukey para as análises de turbidez (Tabela 11) revelou 5 grupos de dados, sendo representados pelo ano de 2013, que obteve a maior média.

**Tabela 11 – Teste de Tukey para a variável turbidez**

Grupo	Tratamento	Significado
a	2013	1,867
ab	2014	1,486
ab	2011	1,276
ab	2015	1,249
ab	2016	1,248
bc	2012	1,004
cd	2010	0,451
d	2009	0,3

A Figura 13 mostra que, das 28 interações realizadas, 12 obtiveram resultados de não igualdade entre os anos. Tais implicações podem ter ocorridas devido ao fato da variabilidade dos resultados das análises. Os anos que obtiveram resultados com maiores valores para a turbidez medida não puderam ser igualados aos anos que tiveram uma média menor.



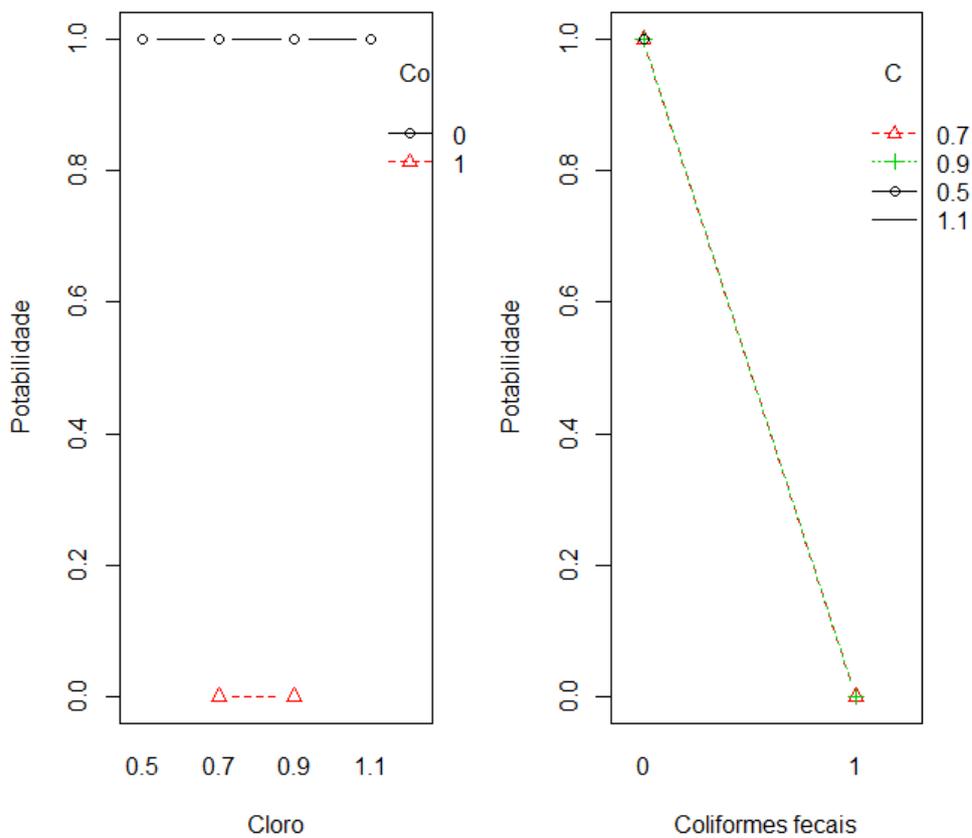
**Figura 13 - Comparação de 95% do nível de confiança das médias dos múltiplos de Tukey para a variável turbidez**

### 5.2.5 Interações Entre os Parâmetros

Afim de verificar o se um parâmetro analisado depende de outro, foram gerados gráficos de interação para a visualização de possíveis efeitos. Nestes gráficos, quando um parâmetro não depende do outro, linhas paralelas indicam que não há interação. Entretanto, somente o gráfico não garante estatisticamente se há ou não interação entre os parâmetros, sendo assim garantido pelo p-valor da ANOVA.

Para que os gráficos fossem gerados, os dados foram padronizados e foram testadas as influências de um parâmetro sob outro e vice e versa.

- Coliformes x Cloro



**Figura 14 - Interações entre os parâmetros cloro e coliformes**

A Figura 14 contém dois gráficos de interação entre as variáveis cloro e coliformes. No primeiro gráfico foi testada a interação coliformes dentro do cloro, o que não foi possível verificar graficamente. A hipótese de não interação foi aceita através do p-valor da ANOVA (0,897). Já no segundo gráfico foi possível verificar graficamente a interação do cloro dentro dos coliformes presente na água, concordando o p-valor da ANOVA ( $2 \times 10^{-6}$ ). Tal resultado de interação foi previsto por Masini e Neves (1987) ao mencionar a influência do cloro sob a água contaminada com agentes microbiológicos.

- Turbidez x Coliformes

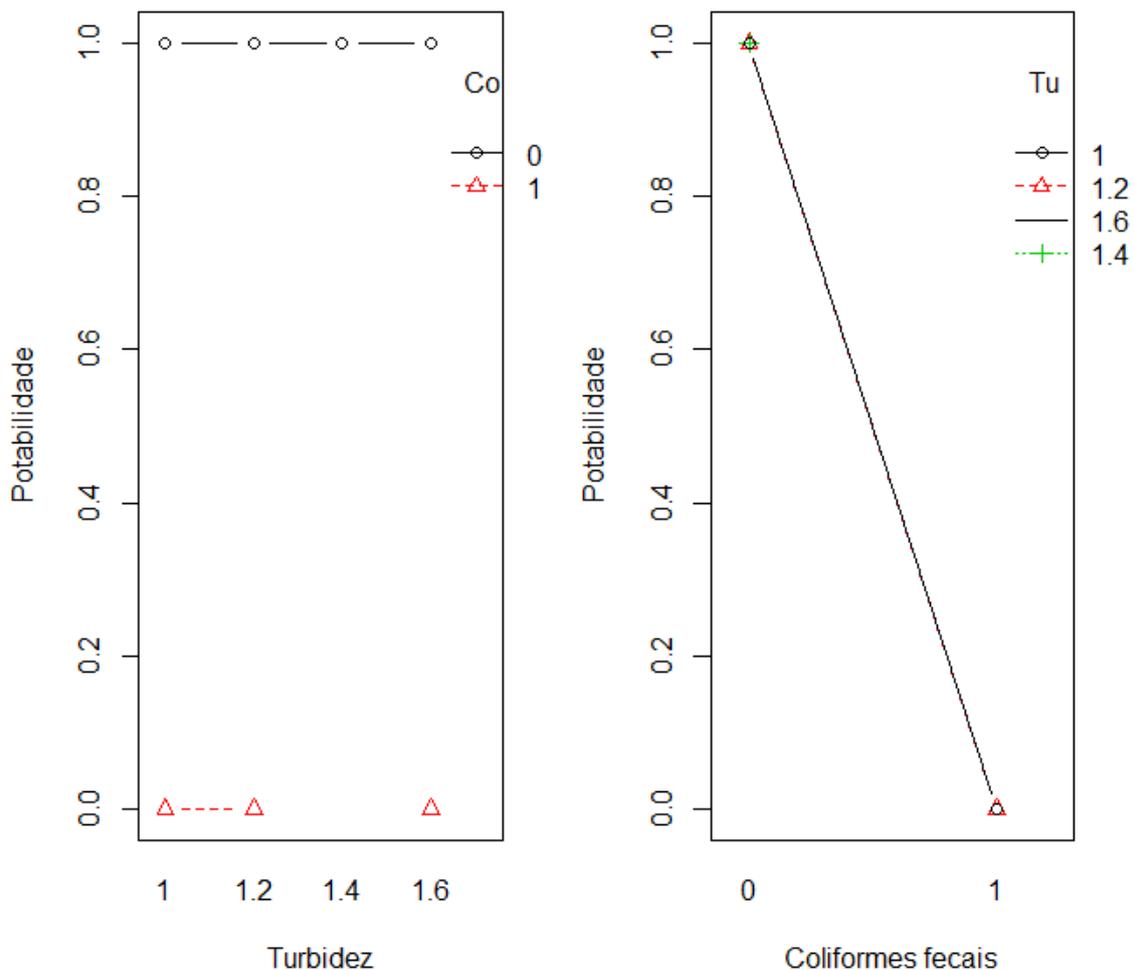


Figura 15 - Interações entre os parâmetros turbidez e coliformes

Para as análises de turbidez e coliformes, a Figura 15 apresenta interação no segundo gráfico, onde pode-se observar a ligação tracejada entre os pontos onde estão contidos os níveis de turbidez indicados pela legenda. A ANOVA do gráfico teve um p-valor  $< 2 \times 10^{-16}$ , confirmando a análise gráfica.

- Turbidez x Cloro

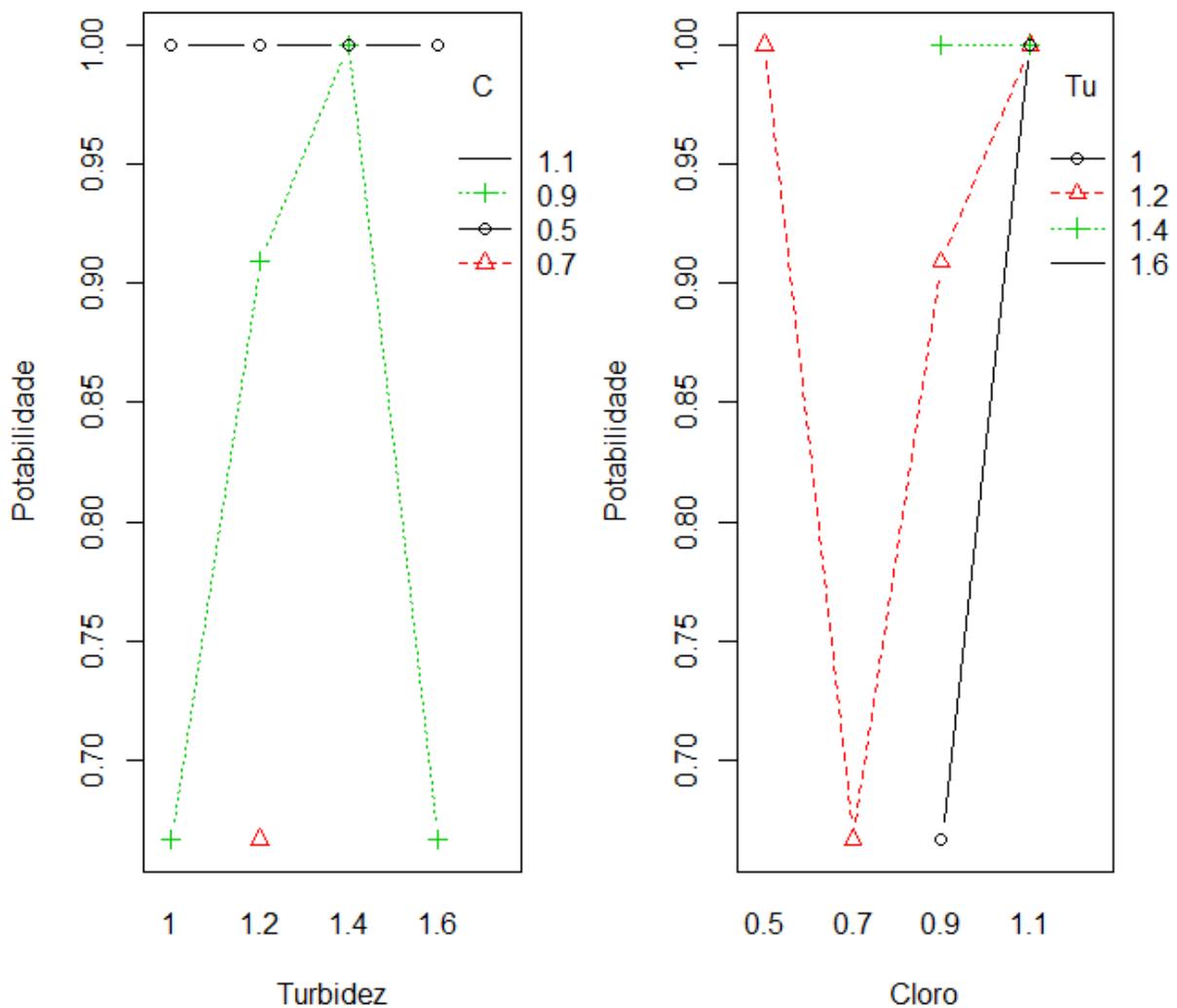
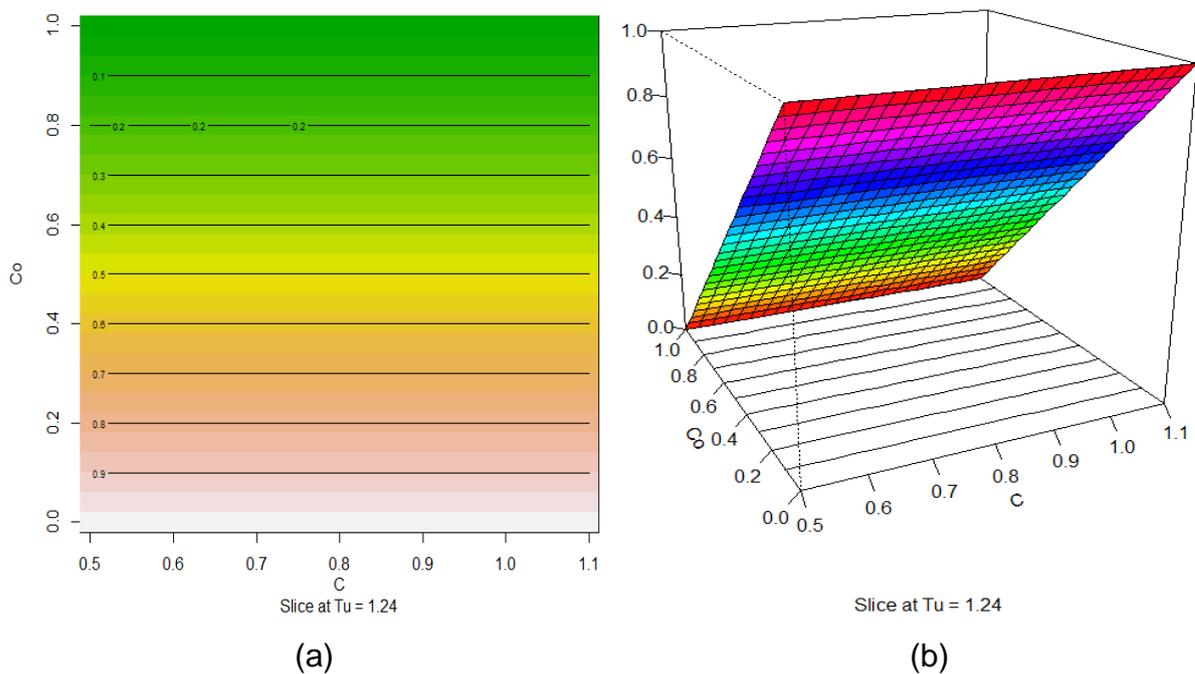


Figura 16 - Interações entre os parâmetros turbidez e cloro

A Figura 16 apresenta os gráficos de interação entre as variáveis turbidez e cloro. Nas duas situações os pontos nos gráficos se ligam, indicando graficamente a interação. Porém, pelas ANOVAS, somente o primeiro gráfico tem o p-valor menor do que 5%, aceitando a hipótese de interação entre estes parâmetros, ou seja, a interação do cloro dentro da Turbidez. A Figura 17 verifica se existe interação entre as três variáveis Turbidez (Tu), Cloro (C) e Coliformes (Co).



**Figura 17 – Interação das Três Variáveis, Turbidez (Tu), Cloro (C) e Coliformes (Co).**

A Figuras 17 indica que não existe interação das variáveis coliformes e cloro, mesmo tendo um resultado positivo para a interação no segundo gráfico da Figura 20. A forma retilínea da Figuras 17a-b, mostra que a qualidade da água tem interação uma interação muito pequena em relação a estas variáveis, tornando-se discrepante, a equação da reta torna-se curvilínea igual a  $y = 1 - coliformes$ , confirma a não interação dessas variáveis.

### 5.3 GRUPO B

Como mencionado no item 4.2, o grupo B (Tabela 12) é formado por Soluções Alternativas de abastecimento, tanto individual quanto coletiva. Os pontos de coleta do grupo são de lugares afastados da zona urbana da cidade, então não estão classificados por bairro. Devido a deficiência de coletas, tanto em quantidade quanto em espaço amostral, neste grupo todas as análises realizadas durante o VIGIÁGUA no município de Campo Mourão foram incluídas na pesquisa.

**Tabela 126 - Resultados de todas as coletas de água do Grupo B**

Ano	Ponto	Cloro	C, Totais	E, coli	Flúor	Turbidez	Resultado
2009	1	0	Presente	Ausente	Ausente	0,41	Não potável
	2	0	Ausente	Ausente	Ausente	0,35	Potável
	3	0	Ausente	Ausente	Ausente	1,26	Potável
	4	0	Ausente	Ausente	Ausente	0,52	Potável
2010	5	0	Ausente	Ausente	Ausente	0,96	Potável
	6	0	Ausente	Ausente	Ausente	0,79	Potável
	7	0	Ausente	Ausente	Ausente	3,93	Potável
	8	0,3	Ausente	Ausente	Ausente	0,38	Potável
	9	0	Ausente	Ausente	Ausente	0,45	Potável
	10	0	Ausente	Ausente	Ausente	0,52	Potável
2011	8	0,3	Presente	Ausente	Ausente	0,75	Não potável
	11	0	Presente	Ausente	Ausente	0,73	Não potável
	6	0	Ausente	Ausente	0,07	0,58	Potável
	12	0	Presente	Ausente	Ausente	0,64	Não potável
2012	2	0	Presente	Ausente	Ausente	0,35	Não potável
	13	0	Ausente	Ausente	Ausente	1,41	Potável
	12	0,8	Ausente	Ausente	Ausente	1,38	Potável
2013	14	0	Ausente	Ausente	Ausente	1,15	Potável
2014	15	0	Ausente	Ausente	Ausente	1,66	Potável
	7	0	Ausente	Ausente	Ausente	1,02	Potável
2015	16	0	Presente	Ausente	Ausente	1,76	Não potável

Pode-se observar que o único parâmetro que resulta na não potabilidade da água é presença de coliformes. Nota-se também que somente os pontos 11 e 12 realizam a desinfecção da água e que esses pontos estão dentro dos parâmetros microbiológicos exigidos. Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde,

o responsável pela operação do sistema ou solução alternativa de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem estabelecer entendimentos para elaboração de um plano de ação e tomada de medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade (BRASIL, 2004).

## 6 CONCLUSÃO

A participação popular é entendida como uma das formas mais avançadas de democracia contemporânea. Para Dias (2014), com a participação da comunidade na gestão do SUS, se estabelece uma nova relação entre Estado e sociedade. É necessário um esforço para o desencadeamento de ações de educação em saúde, difundindo e ampliando o debate sobre a saúde junto aos trabalhadores da área e a população de maneira geral. Construindo conhecimentos compartilhados sobre a saúde, considerando as subjetividades e singularidades presentes nas relações dos indivíduos e da coletividade. Dada a importância da qualidade da água para o consumo humano, é dever do Estado garantir a fiscalização dos parâmetros de potabilidade e aplicar as devidas sanções aos responsáveis.

No município de Campo Mourão – PR a maioria das análises realizadas pelo programa VIGIAGUA se deu por satisfatória e atendendo a Portaria nº 2914/MS. Mas parâmetros como Flúor (obrigatório nas águas para o consumo humano) ainda se encontram escassos no sistema de abastecimento do município. Se tratando de saúde da população, e tendo em vista que os pontos de coleta são lugares com alta circulação de pessoas, a rigorosidade quanto ao cumprimento da legislação deve se fazer mais presente, com a vigilância da água nas concessionárias de abastecimento público e com a conscientização da população e educação ambiental, principalmente para reduzir os valores de amostras com coliformes observados e diminuir o risco de doenças na população.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, Simone C. 70 anos de fluoretação da água de abastecimento público requer debate **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 57, n.2, abr. 2005. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252015000200004&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252015000200004&script=sci_arttext)>. Acesso em: 18 dez. 2016.

APHA (American Public Health Association). 1998. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. American Public Health Association, Washington: 1569p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Águas subterrâneas, o que são? Disponível em: <<http://www.abas.org/educacao.php>>. Acesso em: 01 mai 2016.

ATHAYDE, Gustavo B. Compartimentação hidroestrutural e aptidões químicas do Sistema Aquífero Serra Geral no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, vol.42, dez. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5327/Z0375-75362012000500014>>. Acesso em: 10 mai. 2016.

BORSOI, Zilda M.; LANARI, Nora. Águas subterrâneas. **Informe Infra-estrutura**, n. 28, nov. 2008. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes\\_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/infra/g7428.pdf](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/infra/g7428.pdf)>. Acesso em: 09 mai. 2016.

BRASIL. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Ministério da Saúde. Brasília, 2006. 212 f.

BRASIL. Portaria n.º 518, de 25 de março de 2004. Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências. Ministério da Saúde.

Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria\\_518\\_2004.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/portaria_518_2004.pdf)> Acesso em: 16 mai 2016.

BRASIL. Portaria n.º 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Ministério da Saúde.

Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)> Acesso em: 16 mai 2016.

BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 9 mai. 2016.

BUSSAB, Wilton O.; MORRETTIN, Pedro. A. Estatística Básica. 5 a ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

CABRAL, Rodrigues A. **A Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Vigiagua) e os Objetivos do Desenvolvimento do Milênio.** Disponível:<[http://www.iesc.ufrj.br/cadernos/images/csc/2011\\_4/artigos/csc\\_v19n4\\_487-492.pdf](http://www.iesc.ufrj.br/cadernos/images/csc/2011_4/artigos/csc_v19n4_487-492.pdf)>. Acesso em: 17 nov 2016.

CALDEIRA, J. V. **Vulnerabilidade social associada aos efeitos das mudanças climáticas na saúde pública.** 2014. 150f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2014.

CIRILLO, Marcelo A.; FERREIRA, Daniel F. Extensão do teste para normalidade univariado baseado no coeficiente de correlação quantil-quantil para o caso multivariado. **Revista Matemática e Estatística**, São Paulo, v. 21, n.3, 2003. Disponível em: <[http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v21/v21\\_n3/A4\\_MCirillo.pdf](http://jaguar.fcav.unesp.br/RME/fasciculos/v21/v21_n3/A4_MCirillo.pdf)>. Acesso em: 04 mar. 2017.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Poços artesanais.** Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=104>>. Acesso em: 11 abr. 2016.

DAVILA ,Victor H. **Teste de Hipóteses.** Disponível em: <[http://www.ime.unicamp.br/~hlauchos/Inferencia\\_Hipo1.pdf](http://www.ime.unicamp.br/~hlauchos/Inferencia_Hipo1.pdf)>. Acesso em: 03 mar. 2017.

DALASTRA, Elisabeth et al. Diagnóstico dos poços tubulares e a qualidade das águas subterrâneas no município de Campo Mourão – PR. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE MEIO AMBIENTE SUBTERRÂNEO, 1, 2009, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: ABAS, 2009. Disponível em: <<http://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/viewFile/21959/14328>>. Acesso em: 25 abr. 2016.

DEBERDT, Jean André. **Análise da água**. Programa pró ciência. Disponível em: [www.educar.sc.usp.br/biologia](http://www.educar.sc.usp.br/biologia). Acesso em 12 jan de 2017.

DIAS, Romero M. D. Fluoretação das águas de abastecimento público. CRO – PE, Recife, 06 mai. 2014. Disponível em: < <http://www.cro-pe.org.br/noticia.php?idNot=615>> Acesso em: 14 jan 2017.

ENZMANN, Brittany. **The water cycle**. Disponível em: <<https://pt.khanacademy.org/science/biology/ecology/biogeochemical-cycles/a/the-water-cycle>>. Acesso em: 17 dez. 2016.

FERREIRA, Daniel F. **Estatística Básica**. 2.ed., Lavras: Editora UFLA, 2009.

FERREIRA, Juliana C.; PATINO, Cecília M. **O que realmente significa o valor-p?** Disponível em: <[http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v41n5/pt\\_1806-3713-jbpneu-41-05-00485.pdf](http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v41n5/pt_1806-3713-jbpneu-41-05-00485.pdf)>. Acesso em: 03 mar 2017.

GRAHAM, Steve; PARKINSON, Claire; CHAHINE, Mous. **The water cycle**. Disponível em: < <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/Water/>>. Acesso em: 17 dez. 2016.

GUIMARÃES, A. J. A.; CARVALHO, D. F. de; SILVA, L. D. B. da. **Saneamento básico**. Disponível em: <<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2016

IBGE, 1997. **Divisão Municipal do Instituto Brasileiro de Geografia Estatística**. Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 11 mai. 2016.

JORGE, Leandro; LOPES, Laudicéia G.; AMARAL, Luiz a. Qualidade da água de abastecimento público do município de Jaboticabal, SP. **Engenharia. Sanitária Ambiental**. Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, jul. 2016. Disponível em: < [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-41522016000300615&lang=pt#B20](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000300615&lang=pt#B20)>. Acesso em: 20 dez. 2016.

LUCAMBIO, Fernando. **Diferentes testes para verificar normalidade de uma amostra aleatória**. Disponível em: < [https://docs.ufpr.br/~lucambio/CE225/2S2009/Normal\\_test.pdf](https://docs.ufpr.br/~lucambio/CE225/2S2009/Normal_test.pdf)>. Acesso em 04 mar. 2017.

MASINI A.C. & NEVES V.A.P.L. 1987. Relação entre a presença de coliformes com a turbidez e o cloro residual livre. **Revista DAE**, São Paulo, v. 47, n.150, 1987.

MATTOS, Maria Laura Turino, SILVA Marcelo Dutra da. **Controle da qualidade microbiológica das águas de consumo na microbacia hidrográfica Arroio Passo do Pilão**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, comunicado técnico 61, 2002.

MMA. **Águas subterrâneas e o ciclo hidrológico**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/agua/recursos-hidricos/aguas-subterraneas/ciclo-hidrologico>>. Acesso em: 16 dez. 2016.

MILLON, M.M.B. **Águas subterrâneas e política de recursos hídricos. Estudo de caso: Campeche, Florianópolis, SC**. 2004. 101 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2004. 101p.

MORENO JUNIOR, Ícaro **Uma experiência de gestão de recursos hídricos: A implantação de uma proposta para o estado do Rio de Janeiro**. 2006. 215 f. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. **Guías para la calidad del agua potable**, 2006. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)>. Acesso em 05 jan. 2017.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPO MOURÃO. **Clima**. Disponível em: <<http://campomourao.pr.gov.br/cidade/clima.php>>. Acesso em: 12 mai. 2016.

R Development Core Team (2011). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 06 mar 2017.

REBOUÇAS, A. **Panorama da água doce no Brasil**. São Paulo: IEA/USP; Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências; 1997. p. 59-107.

RIBEIRO, Julia; ROOKE, Juliana M. S. **Saneamento básico e sua relação com o meio ambiente e a saúde pública**. 2010. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Juíz de Fora. Juíz de Fora. 2010. 28 f.

RIBEIRO JÚNIOR, Paulo J. **Testes de hipóteses**. Disponível em: <<http://leg.ufpr.br/~paulojus/CE003/ce003/node6.html>>  
> Acesso em: 03 mar. 2017.

RIBEIRO, Maria G. M. Nova portaria de potabilidade de água: Busca de consenso para viabilizar a melhoria da qualidade de água potável distribuída no Brasil. **Revista DAE**, n. 189, mai. 2012.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2009.

RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. D. Tratamento de água: tecnologia atualizada. São Paulo: Blucher, 1991.

SANEPAR. PSA - **Plano de segurança da água: SANEPAR** - Companhia de Saneamento do Paraná, 2009.

SANTANA, Eutacilio A.; INACIO, Euzelina B.; ENCINAS, José E. **Testes estatísticos utilizados em trabalhos científicos apresentados nos congressos internacionais de educação a distância da ABED (2001 a 2011)**.

SCUDINO, Patrícia A. **A Utilização de Alguns Testes Estatísticos para Análise da Variabilidade do Preço do Mel nos Municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba, Estado do Rio de Janeiro**. 2008. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Ciências Exatas. Graduação em Matemática, 2008. Disponível em: <[http://www.ufrj.br/abelhanatureza/paginas/docs\\_estado/Estudomercado\\_mel.pdf](http://www.ufrj.br/abelhanatureza/paginas/docs_estado/Estudomercado_mel.pdf)>. Acesso em: 03 mai. 2017.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M.B. **An Analysis of Variance Test for Normality**. Biometrika, Great Britain. Biometrika, 1965.

SOUZA, J. Caracterização Bioclimática de Campo Mourão. **Revista Geonorte**, Edição Especial 2, v.1, n.5, 2012.

SOUZA MENDONÇA, Adrino. **Análise de Variância – ANOVA**. Departamento de Estatística - PPGEMQ / PPGEP – UFSM. 2013.

TUNDISI, José G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 55, n.4, out. 2003. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252003000400018](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252003000400018)>. Acesso em: 18 dez. 2016.

VIEIRA, P.; COELHO, S. T.; LOUREIRO, D. Accounting for the influence of initial chlorine concentration, TOC, iron and temperature when modeling chlorine decay in water supply. **Journal of Water Supply**, v. 53, n. 7, 2004.

WACHINSKI, Marlon C. **Análise microbiológica da água consumida diretamente de bicas d'água na cidade de Canoinhas/SC**. 2013. 54 p. Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas, 2013. Disponível em: <<https://ead.ufsc.br/biologia/files/2014/05/Marlon-Celso-Wachinski.pdf>>. Acesso em: 17 dez 2016.

World Health Organization (WHO). **Guidelines for drinking water quality**. Geneva, v. 1, n. 3, 2006. Disponível em: <[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq0506.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf)> Acesso em:16 nov. 2016