

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**DISSERTAÇÃO**

**Avaliação do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da  
água em área de produção agrícola de hortaliças**

**Cristiane da Silva**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E**  
**AMBIENTAL**

**Avaliação do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água em área de  
produção agrícola de hortaliças**

**CRISTIANE DA SILVA**

*Sob Orientação do Professor*

**Jonathas Batista Gonçalves Silva**

*e Coorientação dos(as) Professores(as)*

**Renata de Oliveira Pereira**

**Leonardo Duarte Batista da Silva**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Seropédica, RJ

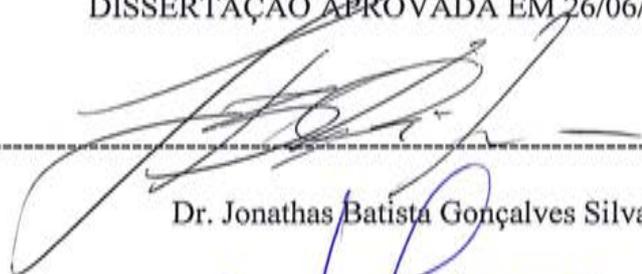
Junho, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**CRISTIANE DA SILVA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências,  
no Curso de Pós-Graduação em engenharia agrícola e ambiental, área de Concentração em  
Engenharia de água e solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26/06/2017 (Data da defesa)



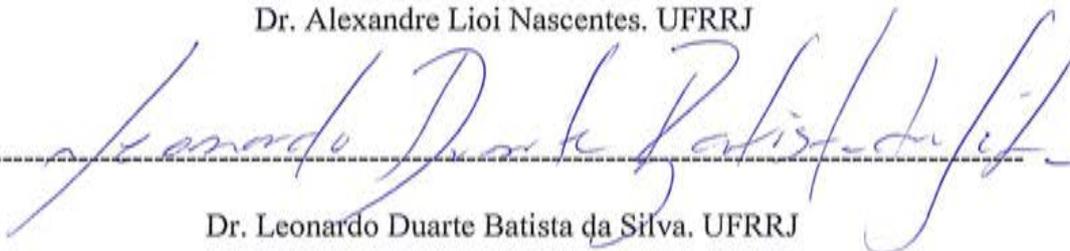
Dr. Jonathas Batista Gonçalves Silva. UFJF/UFRRJ



Dr. Otávio Eurico de Aquino Branco. UFJF



Dr. Alexandre Lioi Nascentes. UFRRJ



Dr. Leonardo Duarte Batista da Silva. UFRRJ

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as vezes que me sustentou e segurou em minhas mãos me guiando nesta jornada.

A minha família, pois sem vocês de nada valeria os esforços. Em especial a minha mãe, D. Augusta, que foi muito mais que um braço direito e as minhas filhas, Bruna, Bárbara e Beatriz, por entenderem por todas as vezes que precisei estar ausente e por me apoiarem e sempre dizer o quanto se orgulham de mim.

A todos os professores e colaboradores do PPGEEAmb , UFRRJ e da UFJF, pelo apoio no desenvolvimento desta dissertação.

Ao professor Jonathas Batista Gonçalves Silva, pela orientação, confiança, apoio, parceria e por todas as contribuições que tornaram possível a conclusão deste projeto.

Aos professores Leonardo Duarte Batista da Silva e Renata Pereira, pela co-orientação, confiança, paciência e todas as contribuições.

Ao Cláudio Quissaq, técnico agrônomo da EMATER, por toda a colaboração, parceria e suporte.

Aos produtores rurais e a associação de produtores rurais de Santa Rita de Cássia, pela receptividade e contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

A AGEVAP pelo financiamento da pesquisa.

A UFRRJ pela oportunidade de realizar o curso de mestrado numa instituição seria e com qualidade.

E a todos mais que de alguma forma contribuíram para o sucesso deste trabalho. Muito obrigada!

## RESUMO

Silva, Cristiane da. **Avaliação do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água em área de produção agrícola de hortaliças**. 2017.96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental), Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica, RJ, 2017.

A qualidade da água é uma preocupação mundial e seus múltiplos usos são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas. O presente estudo fornece um diagnóstico da qualidade da água do córrego Água Comprida, localizado no Distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa, RJ. Este córrego é utilizado para irrigação de toda a área de horticultura, aproximadamente 160 propriedades. Para determinar a qualidade da água, foram coletadas amostras da água ao longo do córrego. Foram feitas análises físico-químicas e microbiológicas. Com estes dados foram avaliados o IQA, o IET e a qualidade da água para irrigação, além de avaliar o teor do defensivo agrícola glifosato. Dos pontos analisados o ponto C4 foi considerado aquele que apresentou pior qualidade, sendo este fato relacionado ao lançamento de efluentes domésticos e a atividade agrícola. A quantidade de ferro apresentou-se alta tanto no solo quanto na água. Sendo a presença do ferro na água um reflexo da quantidade de ferro acumulado no solo e drenado para o recurso hídrico. Foi analisado o IQA dos pontos A1, C4 e C5 e apresentaram qualidades compatíveis com os locais, sendo o ponto A1 considerado excelente e C4 considerado ruim, o ponto C5 foi considerado médio. O IET foi considerado ótimo em todos os pontos analisados. A qualidade da água para irrigação foi considerada boa, não apresentando risco de salinização do solo, devendo-se ter maior atenção quanto a quantidade de ferro nos pontos A1, C4 e C5.

## ABSTRACT

Silva, Cristiane da. **Evaluation of the use and occupation of the soil on the quality of the water in the area of agricultural production of vegetables.** 2017.96p. Dissertation (Master in Agricultural and Environmental Engineering), Institute of Technology, Department of Engineering, UFRRJ, Seropédica, RJ, 2017.

Water quality is a worldwide concern and its multiple uses are indispensable to a wide range of human activities. The present study provides a water quality diagnosis of the Long water stream located in the Santa Rita de Cassia District, Barra Mansa, RJ. This stream is used for irrigation of the entire horticulture area, approximately 160 properties. To determine the water quality, water samples were collected along the stream. Physical-chemical and microbiological analyzes were performed. With these data the IQA, the EIT and water quality for irrigation were evaluated, besides evaluating the glyphosate agricultural defensive content. From the analyzed points the point C4 was considered only point that presented worse quality, being this fact related to the effluents and the agricultural activity. The amount of iron was high in both soil and water. The presence of the iron in the water is a reflection of the amount of iron accumulated in the soil and drained to the water resource. The IQA of the points A1, C4 and C5 were analyzed and presented qualities compatible with the sites, with A1 being considered excellent and C4 considered to be poor, C5 was considered medium. The EIT was considered to be optimal at all points analyzed. The water quality for irrigation was considered good, with no risk of soil salinization, and greater attention should be paid to the amount of iron at points A1, C4 and C5.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Gráfico de qualidade (q).....	32
Figura 2-Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e microbacia do córrego Água Comprida.....	48
Figura 3-Mapa da localização do Município de Barra Mansa, no estado do Rio de Janeiro....	48
Figura 4-Localização do Distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa/RJ.....	49
Figura 5-Localização de cada ponto de coleta, na microbacia hidrográfica Córrego Água Comprida.....	51
Figura 6-Imagens dos locais de coleta.....	52
Figura 7-Equipamentos utilizados em campo.....	53
Figura 8-Gráfico de Turbidez dos pontos de coleta.....	63
Figura 9-Gráfico da média do pH dos pontos de coleta.....	64
Figura 10-Gráfico dos Sólidos Totais Dissolvidos dos pontos de coleta.....	65
Figura 11-Gráfico da Condutividade Elétrica dos pontos de coleta.....	66
Figura 12-Gráfico da média da Salinidade dos pontos amostrais.....	67
Figura 13-Gráfico da Cor Verdadeira dos pontos de coleta.....	68
Figura 14-Gráfico da Dureza do Cálcio e Magnésio dos pontos de coleta.....	69
Figura 15-Gráfico do Ferro Dissolvido dos pontos de coleta.....	70
Figura 16-Gráfico do Nitrato dos pontos de coleta.....	72
Figura 17-Gráfico da Média de Oxigênio Dissolvido dos pontos de coleta.....	73
Figura 18-Gráfico do Fósforo Total dos pontos de coleta.....	75
Figura 19-Gráficos de <i>E. coli</i> nos pontos de coleta.....	76
Figura 20-Gráfico de Classificação do IQA dos pontos de coleta.....	78
Figura 21-Gráfico do Software Qualigraf da RAS.....	79
Figura 22-Gráfico do Índice de Estado Trófico dos pontos de coleta.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Ingredientes Ativos mais comercializados em 2014.....	19
Tabela 2-Produtividade por Cultura no Estado do RJ.....	22
Tabela 3-Variáveis Integrantes do IQA.....	29
Tabela 4-Pesos das Variáveis do IQA.....	30
Tabela 5-Classificação do IQA.....	31
Tabela 6-Classificação do IET.....	35
Tabela 7-Análises laboratoriais necessárias para avaliar a água para irrigação.....	36
Tabela 8-Qualidade da água para irrigação.....	37
Tabela 9-Exemplos de padrões Classe 1.....	41
Tabela 10-Exceções de condições e padrões das águas doces Classe 2.....	42
Tabela 11-Classificações dos Solos de acordo com a concentração de substâncias química..	43
Tabela 12-Subdivisão de águas categoria própria.....	45
Tabela 13-Ocorrências para a classificação das águas impróprias.....	46
Tabela 14-Pontos de coleta, coordenadas de GPS, descrição do ambiente e análises realizadas em cada ponto.....	55
Tabela 15-Parâmetros e métodos utilizados na determinação da qualidade das amostras de águas superficiais.....	56
Tabela 16-Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.....	57
Tabela 17-Classificação do IQA, segundo o IGAM.....	57
Tabela 18-Critérios de avaliação da água para irrigação.....	59
Tabela 19-Characterização física e química de amostras de solo coletado.....	61
Tabela 20-Teor de Nitrato dos pontos de coleta.....	71
Tabela 21-Concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio dos pontos de coleta.....	74
Tabela 22-Concentração de Glifosato dos pontos de coleta.....	77

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Fórmula multiplicativa do IQA.....	30
Equação 2-Fórmula de somatório dos pesos de IQA.....	30
Equação 3-Fórmula IET Clorofila <i>a</i> (CL) ambientes lóticos.....	34
Equação 4-Fórmula IET fósforo (PT) para ambientes lóticos.....	34
Equação 5-Fórmula IET Clorofila <i>a</i> (CL) ambientes lênticos.....	34
Equação 6-Fórmula IET fósforo (PT) para ambientes lênticos.....	34
Equação 7-Fórmula do IET.....	35
Equação 8-Razão de adsorção de sódio – RAS.....	38

## LISTA DE SÍMBOLOS

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DQO - Demanda Química de Oxigênio  
OD - Oxigênio Dissolvido  
pH - Potencial Hidrogeniônico  
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
IET - Índice de Estado Trófico  
IQA - Índice de Qualidade da Água  
IGAM - Instituto Mineiro de Gestão da água  
SDT - Sólidos Dissolvidos Totais  
Na - Sódio  
Cl - Cloro  
ST - Sólidos Totais  
RAS - Razão de Adsorção do Sódio  
Mg - Magnésio  
APHA - American Public Health Association  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
UFV - Universidade Federal de Viçosa  
CTCt - Capacidade de Troca Catiônica efetiva  
CTCT - Capacidade de Troca Catiônica Potencial  
SB - Soma de Bases  
m - Saturação por Alumínio  
v - Saturação por Bases  
ISNA - Saturação por Sódio  
K - Potássio  
P - Fósforo  
Al - Alumínio  
MO - Matéria Orgânica

H + Al - Acidez Potencial

Cu - Cobre

Mn - Manganês

Fe - Ferro

Zn - Zinco

S - Enxofre

B - Boro

PT - Fósforo Total

## SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT .....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
LISTA DE EQUAÇÕES .....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS .....	vii
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 OBJETIVO .....</b>	<b>14</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Agricultura no Brasil.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Horticultura no Brasil .....</b>	<b>17</b>
3.2.1 Agricultura familiar .....	20
3.2.2 Agricultura do estado do Rio de Janeiro.....	21
3.2.2.1 Agricultura no município de Barra Mansa.....	22
<b>3.3 Uso e Ocupação do Solo e a Qualidade da Água .....</b>	<b>23</b>
<b>3.4 Qualidade da água e a irrigação .....</b>	<b>24</b>
<b>3.5 IQA – ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....</b>	<b>27</b>
<b>3.6 - Índice de Estado Trófico (IET) .....</b>	<b>33</b>
<b>3.7 Qualidade da água para irrigação.....</b>	<b>35</b>
<b>3.8 Legislação Aplicada aos Recursos Hídricos .....</b>	<b>38</b>
3.8.1 Decreto nº24.643/1934 – Código de águas brasileiro .....	38
3.8.2 - Lei nº 9.433/1997 – Política Nacional dos Recursos Hídricos .....	39
3.8.3 - Resolução CONAMA Nº 357/ 2005 .....	40
3.8.4. Resolução CONAMA nº 420 / 2009 .....	42
3.8.5 Portaria nº 2.914/2011 .....	44
3.7.6 Resolução CONAMA nº 274 / 2000 .....	45
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>47</b>
4.1 Caracterização do local .....	47
4.2Qualidade da Água .....	49

4.2.1	Coletas .....	50
4.2.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	56
4.2.3	Índice de Estado Trófico (IET) .....	58
4.2.4	Qualidade da Água para Irrigação.....	58
4.3	Caracterização do Solo .....	59
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	61
5.1	Caracterização do solo.....	61
5.2	Avaliação dos parâmetros de químicos, físicos e biológicos.....	62
5.3	Avaliação da presença de glifosato nos corpos d'água .....	77
5.4	Índice de qualidade da água (IQA) .....	78
5.5	Qualidade da água para Irrigação .....	79
5.6	Índice de Estado Trófico - IET .....	81
6	CONCLUSÃO .....	83
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	84

## 1 INTRODUÇÃO

Com terras férteis, extensas e clima propício para a agricultura, o Brasil é um dos principais produtores e fornecedores mundiais de alimentos. Os programas de sanidade vegetal do Ministério da Agricultura visam garantir alimentos seguros e mantêm o país como peça chave do comércio globalizado. A agricultura brasileira enfrenta o desafio da crescente demanda por alimentos e produtos agropecuários, em quantidade e qualidade (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2016).

A horticultura é uma parte importante da agricultura, refere-se à produção de frutas, legumes, flores, plantas ornamentais, medicinais e plantas aromáticas. Estabeleceu-se a sua importância em muitos aspectos da inovação, melhoria da utilização dos solos, promoção da diversificação de culturas e segurança nutricional para as pessoas (SONA *et al.*, 2011).

Em um país com uma população predominantemente urbana e com previsão para atingir 212 milhões em 2025, existe ampla demanda interna de hortaliças e grandes oportunidades para o desenvolvimento da horticultura. A produção de hortaliças no Brasil é ainda dependente de grande número de pequenos produtores, principalmente aqueles voltados para a agricultura familiar (MOREIRA, 2013).

A safra agrícola 2014/2015 cresceu 8,2% em relação à safra anterior, os agricultores colheram aproximadamente 210 milhões de toneladas de alimentos, apesar da redução de 10,4% da área plantada, a expectativa é o aumento de produção, podendo chegar a 16,7 milhões de toneladas a mais na safra de 2016 (SEAGRI, 2015).

A utilização de modernas técnicas nos sistemas de produção agrícola impulsionou a introdução de uma grande variedade de substâncias sintéticas no meio ambiente, a fim de melhorar e acelerar a produtividade e diminuir as perdas no campo (STEFFEN *et al.*, 2011).

Segundo o manual de impactos ambientais do Ministério do Meio Ambiente (MMA), atividades agrícolas são geradoras de inúmeros impactos ambientais positivos, como por exemplo, desenvolvimento regional, mas existem impactos ambientais negativos decorrentes destas atividades, como a contaminação química por defensivos agrícolas, desmatamento, perda da biodiversidade, etc. Contudo um dos impactos ambientais

mais relevantes é a perda do solo através da erosão e a contaminação da água (MANUAL DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO MMA, 1999).

Os impactos negativos decorrentes da horticultura estão associados, notadamente, quando esta atividade é mal manejada, principalmente devido ao uso de fertilizantes e agrotóxicos. O emprego destes produtos químicos na agricultura irrigada pode gerar um passivo, visto que, por meio do escoamento superficial, a água leva consigo esses elementos, tendo como destino final os rios e depósitos subterrâneos (SILVA *et al.*, 2016). Além disso, a forma de uso e ocupação do solo pela atividade agrícola é outro exemplo de geração de passivos ambientais, uma vez que pode causar erosão nas margens dos rios e assoreamento do curso d'água, evidenciados nas alterações de parâmetros de qualidade da água, como pH e turbidez (MAIA *et al.*, 2015).

MAIA *et al.*, (2015), realizaram estudos nos quais avaliaram os impactos da agricultura urbana na qualidade da água de uma bacia hidrográfica, e puderam observar valores de pH variando entre 6,6 e 7,7 e de condutividade elétrica, parâmetro de qualidade importante para fins de irrigação e avaliação indireta da salinidade, entre 0,16 e 0,32 mS/cm. Pôde-se observar que os valores referentes aos parâmetros aumentavam em áreas de maior concentração de horticulturas que se utilizavam de fertilizantes. Tal resultado pode ser explicado pelo fato de a solução nutritiva presente nestes fertilizantes ser composta, em grande parte, por elementos metálicos condutores de corrente elétrica (STAFF, 1998).

LUCAS *et al.* (2010), avaliaram a qualidade da água em uma microbacia hidrográfica a qual recebe influência de uma área produtora de hortaliças. Os autores compararam os resultados obtidos em suas análises com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005), que entre outros, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. O corpo d'água em estudo se enquadra na Classe 2 para águas doces e, segundo os autores, em alguns pontos parâmetros como nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), oxigênio dissolvido (OD) e cor não apresentaram qualidade compatível com a norma, o que pode evidenciar a relação entre o uso e ocupação do solo com a degradação do ambiente. Além disso, pôde-se observar uma maior concentração de nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) em áreas de maior concentração de hortas, o que pode ser justificado pelo fato dessa área ter recebido maior influência antrópica das atividades agrícolas praticadas, como o uso de ureia na adubação nitrogenada. Através do escoamento superficial, houve carreamento de

nutrientes, matéria orgânica e sedimentos para o curso d'água, alterando de forma significativa este parâmetro.

Fica então evidente que o monitoramento da qualidade da água e das alterações físicas, químicas e biológicas é de suma importância, seja esta alteração decorrente de fonte antrópica ou natural (ANA,2016).

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

O estudo tem como objetivo geral avaliar a qualidade da água em área de produção agrícola na microbacia do Córrego Água Comprida, pertencente à bacia do Rio Paraíba do Sul.

### **2.2 Objetivo Específico**

Avaliar a qualidade da água para irrigação;

Determinar o índice de qualidade da água;

Determinar o índice de estado trófico;

Determinar a presença de glifosato no corpo hídrico.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

#### 3.1 Agricultura no Brasil

A agricultura é um setor econômico que atua de forma significativa no desenvolvimento do país. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), (2016), somente em 2015, o agronegócio brasileiro foi responsável por 46,67% das exportações e 12,18% das importações do país. O Produto Interno Bruto (PIB) gerado pelo agronegócio representou 21,46% do PIB nacional, uma alta de 1,8% em relação ao ano anterior, chegando a R\$ 263,6 bilhões em 2015. Tais resultados são motivos de comemoração para o setor, principalmente por se tratar de um ano de extremas dificuldades econômicas. Segundo o IBGE ,(2015), o crescimento se deve principalmente ao desempenho da agricultura. Ainda em 2015, dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) apontam que o setor agropecuário gerou aproximadamente 9,8 mil empregos, sendo o único a apresentar saldo positivo, devido ao aumento das produções e exportações de produtos agrícolas, mostrando que os produtores brasileiros mantêm forte confiança no setor e seguem investindo na produção de alimentos para abastecer tanto o mercado interno quanto externo (CAGED, 2016).

O cultivo das plantas para atender às necessidades humanas é atividade essencialmente dependente de condições edafo-climáticas, socio-econômicas e nível de conhecimentos técnicos. As técnicas agrícolas são, assim, muito diversificadas tanto ao longo do tempo quanto nas diferentes regiões do planeta (PATERNIANI, 2001).

O meio rural vem passando por várias modificações no decorrer do tempo, isso se deve ao crescimento do mercado agrícola, ao aumento de empregos, a incorporação de tecnologias e ao aumento da produtividade (PERES *et al.*, 2004).

As taxas de crescimento da produção agrícola mundial, superadas pelas dos incrementos populacionais nos últimos anos, vêm causando certa intranquilidade com relação à segurança alimentar. Ao lado da oferta de alimentos, está a degradação dos solos, a baixa resposta positiva da produtividade ao uso de fertilizantes e defensivos e a escassez de água, principais entraves que inviabilizaram o aumento da produção agrícola compatível com a população (PAZ *et al.*, 2000).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) estima que em 1955 houvesse 840 milhões de pessoas famintas pelo mundo, em 2010 esse valor aproximou-se de 995 milhões de pessoas em condições de insegurança alimentar (FAO, 2015).

Segundo CHRISTOFIDIS (2013), esse aumento se deu não só pelo desequilíbrio de crescimento da área de produção e o crescimento populacional, mas também pela irrigação errônea e pela diminuição da qualidade do solo e água, que afetam diretamente o volume das safras.

A adoção de modernas tecnologias que permitem à melhoria da eficiência, a redução de perdas, a garantia de produção e ganho de produtividade com a irrigação, fertilizantes, defensivos e biotecnologia, não tem sido suficiente para minimizar a questão alimentar no mundo. Para uma produção maior, a alternativa está na implantação da irrigação (PAZ *et al.*, 2000).

A deficiência de água no solo, geralmente, é o fator limitante para a obtenção de produtividade elevada e produtos de boa qualidade. Também pode atuar prejudicialmente quando aplicada de forma excessiva. O manejo do solo tem grande influência no processo erosivo, onde a retirada da vegetação e a exposição do solo à ação direta das chuvas ou irrigação causam perdas de solo e de água (MARTINS *et al.*, 2010).

A irrigação impulsionou consideravelmente a produção agrícola brasileira, não somente aumentando a produtividade por planta, mas também proporcionando a obtenção de mais de uma safra ao ano para várias espécies cultivadas e um menor risco de quebra da produção. Apesar das vantagens, a agricultura irrigada no Brasil ainda ocupa pouco espaço, são apenas seis milhões de hectares, área que poderia ser cinco vezes maior. O Ministério da Integração Nacional calcula que o país possui 25,5 milhões de hectares de áreas plantadas dependendo exclusivamente do regime de chuvas e que poderiam ser irrigadas. Essas propriedades, que somadas têm o tamanho da Itália, poderiam produzir mais e melhor se contassem com sistemas de irrigação (REYNOL, 2014).

O conhecimento da quantidade de água requerida pelas culturas constitui-se em aspecto importante na agricultura irrigada para que haja uma adequada programação do manejo nos sistemas de irrigação. São grandes os benefícios da agricultura irrigada, entretanto, estes só podem ser alcançados quando utilizados com sistemas de irrigação bem dimensionados, adequados às peculiaridades da área, solo e cultura, bem como, o uso racional com critérios

de manejo que resultem em aplicação de água em quantidades compatíveis com as necessidades de consumo das culturas evitando os desperdícios e os impactos oriundos da percolação profunda e do escoamento superficial (MARTINS *et al.*, 2010).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização, esta situação está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior (SOUSA *et al.*, 2014).

De acordo com MANTOVANI *et al.* (2006) a qualidade da água é um aspecto fundamental para o êxito da utilização de sistemas irrigados, no entanto, a avaliação da qualidade dela é, muitas vezes, negligenciada no momento da elaboração de projetos. Como consequência, a irrigação poderá produzir efeitos indesejáveis na condução de uma cultura comercial ou servir como veículo para contaminação da população, no momento em que ocorre a ingestão dos alimentos que receberam a água contaminada.

Para CAVALCANTE (2000), a qualidade da água para a agricultura é determinada sob enfoques de pureza, microbiológicos e químicos. Os efeitos nocivos das águas de qualidade limitada no sistema solo-planta têm sido verificados na prática e podem interferir significativamente nos atributos edáficos e no desempenho produtivo das culturas. MARTEN e MINELLA (2002) acrescentam que, conforme essas características são estipuladas diferentes finalidades para a água. A classificação padronizada dos corpos d'água possibilita que se fixem metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada.

Segundo AYERS e WESTCOT (1999), o conceito de qualidade da água refere-se as suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico, ou seja, a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário.

### **3.2 Horticultura no Brasil**

No Brasil a horticultura tem importância significativa na produção agrícola. Em 2005, a produção total de hortaliças foi de 17.385,9 mil toneladas, ocupando uma área cultivada de 785,2 mil ha. O valor total da produção foi estimado em R\$ 11.482,42 milhões. Nos anos de

1997 a 2007 a produção de hortaliças no país aumentou 33 % enquanto a área foi reduzida em 5 % e a produtividade incrementou 38 %. Sendo que 75% do volume de produção concentram-se nas regiões Sudeste e Sul enquanto o Nordeste e o Centro-Oeste respondem pelos 25 % restantes. Normalmente a produção de hortaliças é associada a um sistema de irrigação, por serem culturas sensíveis ao estresse hídrico, e quando essa junção é feita de forma adequada há um aumento da produtividade com qualidade (RIBEIRO *et al.*, 2014).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o cultivo de hortaliças (verduras e legumes), gera mais lucro por hectare do que o de outras culturas, como grãos, por exemplo (MAPA, 2015).

Segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), a cadeia produtiva de hortaliças no Brasil movimentava cerca de R\$ 55 bilhões por ano e ocupa uma área aproximada de 820 mil hectares, produtora de 20 milhões de toneladas de 18 hortaliças diferentes, sendo que tomate, cebola, melancia e alface são responsáveis por 50% deste total. Por ser extremamente dependente de mão-de-obra, desde sua semeadura até comercialização, a cultura de hortaliças gera por ano um grande número de empregos (ABCSEM, 2016).

Segundo o SEBRAE (2016), estima-se que cada hectare de hortaliças produza, em média, entre 3 a 6 empregos diretos e um número idêntico de empregos indiretos.

Dentro do universo agrícola, as hortaliças estão situadas no topo da lista no que se refere à necessidade de água para produção, tendo em vista que dependem tanto do regime de chuvas quanto da irrigação. E apesar da dependência hídrica, comum às olerícolas, existem as mais e as menos vulneráveis à redução da água disponível (EMBRAPA, 2015).

No entanto, apesar da atividade de horticultura ter papel relevante na economia brasileira, a mesma produz passivos ambientais, notadamente quando mal manejada, principalmente devido ao uso de fertilizantes e agrotóxicos. O emprego destes produtos químicos na agricultura irrigada gera um passivo, visto que, por meio do escoamento superficial, a água leva consigo esses elementos, tendo como destino final os rios e depósitos subterrâneos (SILVA *et al.*, 2016).

Além disso, a forma de uso e ocupação do solo pela atividade agrícola é outro exemplo de geração de passivos ambientais, uma vez que pode causar erosão nas margens dos rios e assoreamento do curso d'água, evidenciados nas alterações de parâmetros de qualidade da água, como pH e turbidez (MAIA *et al.*, 2015).

Corpos d'água sofrem todos os impactos das atividades antropogênicas ao longo da bacia, da qual recebem materiais, sedimento e poluentes, refletindo os usos e ocupação do solo nas áreas vizinhas. Assim, a possibilidade de contaminação ambiental por pesticidas está relacionada diretamente às propriedades físico-químicas desses compostos haja vista que, quanto maior a hidrossolubilidade maior também a facilidade de transporte (DELLAMATRICE e MONTEIRO, 2014).

O Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos no mundo desde 2009. Os principais efeitos dos agrotóxicos sobre os ecossistemas já são bem conhecidos pela comunidade científica e inclui a perda da biodiversidade, a eliminação de insetos polinizadores, o desenvolvimento de espécies resistentes, o surgimento de pragas secundárias, contaminação do solo e água (PREZA & AUGUSTO, 2012).

A tabela 1 apresenta os 10 ingredientes ativos (IA) mais utilizados em 2014, segundo o boletim anual do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).

Tabela 1 – Ingredientes ativos mais comercializados em 2014

Unidade de medida: toneladas de IA	
<b>Ingrediente Ativo</b>	<b>Vendas (ton. IA)</b>
Glifosato e seus sais	194.877,84
2,4-D	36.513,55
Acefato	26.190,52
Óleo mineral	25.632,86
Clorpirifós	16.452,77
Óleo vegetal	16.126,71
Atrazina	13.911,37
Mancozebe	12.273,86
Metomil	9.801,11
Diurom	8.579,52

Fonte: IBAMA / Consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, conforme art. 41 do Decreto nº 4.074/2002

Entre estes o glifosato é o agrotóxico mais utilizado pelos produtores no país, atingindo uma média de vendas 194.877,84 t IA em 2014, sendo muito empregado em lavouras de soja. (IBAMA, 2014).

De acordo com SILVA (2011), o excesso de uso de fertilizantes tem causado eutrofização e quando as algas se proliferam em excesso, se estas forem filamentosas, causam obstrução nos sistemas de irrigação.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação (FAO), 2015, o objetivo de uma agricultura sustentável deve ser o de envolver o manejo eficiente dos recursos disponíveis, mantendo a produção nos níveis necessários para satisfazer às crescentes aspirações de uma também crescente população, sem degradar o meio ambiente.

Considerando-se que grande parte das hortaliças é consumida *in natura*, é importante conhecer a qualidade sanitária dos fertilizantes orgânicos. Neste sentido, a fermentação da matéria orgânica presente nos esterco e a compostagem com outros resíduos orgânicos são de extrema importância, antes que sejam aplicados ao solo, o que reduz as chances de contaminação por microrganismos patogênicos, contaminação hídrica, além de melhorar a qualidade do esterco e a disponibilidade de nutrientes para as culturas (SEDIYAMA *et al*; 2014).

### **3.2.1 Agricultura familiar**

A agricultura familiar (AF) nasceu das lutas por reconhecimento e direitos empreendidas por uma miríade de atores, especialmente pelos movimentos sindicais do campo. Respondendo aos efeitos dos processos de globalização, abertura comercial, crise econômica e esfacelamento da capacidade de intervenção do Estado, e legitimados por inúmeros estudos que apontavam para o protagonismo das agriculturas de base familiar para sustentar a produção e a geração de emprego e renda em inúmeros países, esses movimentos passaram a reivindicar políticas diferenciadas de desenvolvimento rural (NIEDERLE, FIALHO e CONTERATO, 2014).

Segundo estipulado pela Lei nº 11.326 /2006, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, que utilize exclusivamente mão de obra da própria família e que tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento.

Os agricultores familiares se diferenciam de várias maneiras, como o nível de escolaridade, nível de renda, a forma como exploram os recursos, os tipos de atividades, tradições, entre

outras, além de diferenciarem-se de acordo com a região onde está inserida sua propriedade. Assim o ambiente físico, geográfico e cultural que circunda a unidade familiar rural intervém diretamente na sua forma de organização e na construção da identidade dos agricultores. Devido a essas grandes diferenças promover modificações na forma de explorar os recursos naturais de forma sustentável se torna uma tarefa muito difícil (NIEDERLE, FIALHO e CONTERATO, 2014).

É inegável e intuitiva a importância dos aspectos culturais, da agricultura familiar, do grau de escolaridade, do nível de formação e utilização tecnológica, das variáveis econômicas, da pluviometria e do clima associados às regiões brasileiras nos resultados positivos e negativos da agricultura como um todo (KAMIMURA, OLIVEIRA E BURANI; 2010).

### **3.2.2 Agricultura do estado do Rio de Janeiro**

O estado do Rio de Janeiro tem uma área territorial de 43.777,954 km<sup>2</sup> e 92 municípios, sendo o menor estado da região sudeste. Os municípios que fazem parte do cinturão verde e o de Barra Mansa, localizado na região Sul fluminense, produzem juntos mais de 40 t mensais de alimentos (IBGE, 2015).

São 53.381 produtores em todo o estado, com produção anual de 3.260.706,65 t, área produtiva de 146.359,64 ha, produtividade de 22,28 t/ ha e faturamento anual de R\$ 1.826.307.110,90 (EMATER,2015).

As culturas são divididas em grupos para quantificar a produção (t). A tabela 2 representa a produtividade por cultura no estado do RJ no ano de 2016,segundo o relatório de culturas do sistema ASPA/AGROGEO (EMATER, 2015).

Tabela 2 – Produtividade por cultura no estado do RJ

<b>CULTURA</b>	<b>PRODUTIVIDADE</b>
Fruticultura	496.145,51t
Grãos	23.136,49t
Olerícolas Folhosas	278.551,74t
Olerícolas Frutos	407.194,63t
Olerícolas Raízes	149.584,61t
Outras Culturas(cana, palmito, louro, mandioca e urucun)	1.906.093,67t

FONTE: EMATER (2015)

No Estado do Rio de Janeiro os produtos tradicionais são principalmente a cana-de-açúcar, o café, a mandioca e banana, que respondem por cerca de 83% da área de culturas de todo estado (IBGE ,2012).

### **3.2.2.1 Agricultura no município de Barra Mansa**

O município de Barra Mansa está localizado no Sudeste do Brasil, no Sul fluminense do Estado do Rio de Janeiro. É caracterizada como a sexta Região do Médio Paraíba, entre as Serras do Mar e a da Mantiqueira. O município ocupa uma área de 548,9 km<sup>2</sup>, correspondentes a 8,8% da área da Região do Médio Paraíba. Está dividido em 5 distritos: Santa Rita de Cássia, Floriano, Rialto, Nossa Senhora do Amparo e Antônio Rocha. Dentro de seus limites, cruzam três grandes rios: Paraíba do Sul, Barra Mansa (que deu origem ao nome do município) e o Bananal, sendo os dois últimos afluentes do primeiro(PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA MANSA,2016).

A economia da cidade tem por base a agricultura e a metalurgia. Atualmente, o setor de comércio e serviços é um dos mais fortes da região, contando com uma capacidade de ofertas muito grande, dadas a diversificação dos ramos, atendendo a variada demanda gerada pela economia regional. O Produto Interno Bruto de Barra Mansa, estimado em 1996, pela Fundação CIDE, era de R\$ 666 milhões, resultando em um valor de R\$ 3.997, per capita (IBGE, 2010).

Á área agrícola de destaque da cidade de Barra Mansa é o Distrito de Santa Rita de Cássia, que dispõe de 192 produtores, área de produção de 120,96 ha, produção de 1.865,25 t/ano, produzindo 15,42 t/ha, essa produção gera uma renda local de R\$ 2.324.089,50 / ano. As principais culturas cultivadas em Santa Rita de Cassia são: agrião, alface, brócolis, cebolinha, chicória, couve, espinafre, salsa e couve-flor (EMATER, 2015).

### **3.3 Uso e Ocupação do Solo e a Qualidade da Água**

O desenvolvimento econômico agrícola do Brasil tem sido, nas últimas décadas, caracterizado pelo uso intensivo dos recursos naturais sem o devido planejamento o que, aliado às características de solo e clima, promoveu grandes perdas de solo por erosão (VANZELA, HERNANDEZ E FRANCO, 2010).

As consequências do carreamento de grandes quantidades de solo, matéria orgânica e insumos agrícolas para o leito dos cursos d'água no período chuvoso, contribuem significativamente com o aumento da concentração de sólidos e nutrientes na água dos mananciais. Outro tipo de contaminante que pode ser transportado para o leito do manancial são os coliformes termotolerantes (GONÇALVES *et al.*, 2005).

Em vários países do mundo, incluindo o Brasil, planos de micro bacias estabelecem a adequação do uso do solo, através da determinação das classes de capacidade de uso ou outros critérios. A classificação de terras em capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar em um terreno sem que haja no solo diminuição de sua produtividade por causa da erosão. O tratamento é a aplicação dos métodos de proteção do solo. Este sistema foi elaborado primordialmente para atender aos planejamentos de práticas de conservação do solo (ATTANÁSIO *et al.*, 2012).

As melhores práticas agrícolas são aquelas que buscam o uso mais eficiente da água, com base no uso consuntivo das culturas com programação da irrigação, evitando a salinização e a erosão dos solos (SANTOS,2009).

### 3.4 Qualidade da água e a irrigação

O problema da disponibilidade de água é um tema discutido no mundo todo. Essa discussão passa pela avaliação quantitativa e qualitativa da água disponível para os diferentes usos possíveis como recreação, pesca, irrigação, geração de energia e abastecimento. No Brasil, apesar de uma alta disponibilidade de água por habitante, 48,314 m<sup>3</sup> / ano, a distribuição geográfica desse recurso é desigual, havendo, por exemplo, uma grande disponibilidade na região amazônica, de baixa densidade demográfica (LAMPARELLI, 2004).

A importância da qualidade da água está bem conceituada na Política Nacional de Recursos Hídricos, que define, dentre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Art. 2º, Cap. II, Tit. I, Lei nº 9.433/1997).

A adequada gestão dos recursos hídricos é tema recorrente na atualidade, uma vez que a disponibilidade da água, em especial para fins nobres como o abastecimento humano tem sofrido restrições significativas em função do comprometimento de seus aspectos de qualidade e quantidade. Nesse sentido, a resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, pode ser vista como um importante instrumento da Política Nacional dos Recursos Hídricos – lei nº 9.433/1997 (CUNHA & CALIJURI, 2010).

A demanda por recursos hídricos tem se expandido resultando em preocupações ecológicas e ambientais. Em geral, a qualidade da água pode ser influenciada por vários processos, dentre os quais se destacam os processos naturais, interação com solos e rochas e atividades antropogênicas, incluindo agricultura, indústria e desenvolvimento urbano. Os efeitos das atividades humanas sobre a qualidade da água aumentam à medida que a urbanização ou a irrigação se intensificam (MENEZES *et al.*, 2014).

A retirada da cobertura vegetal ciliar dos rios, a intensa implementação da agropecuária e o lançamento de efluentes domésticos e industriais são as principais interferências negativas sobre os ecossistemas aquáticos, acarretando processos de contaminação, eutrofização e interferência nos padrões de qualidade dos corpos d'água que abastecem cidades (BARROS e SOUZA, 2012).

O homem, em busca de desenvolvimento econômico, explora os recursos naturais de maneira excessiva e inconsciente, considerando-os inesgotáveis, o que tem acarretado muitos danos

ecológicos que, em grande parte, irreparáveis. Essa situação traz como consequência a contaminação dos recursos hídricos, que está fortemente ligada a fatores de ocupação e de uso do solo, que, conforme o tipo e o grau de impacto atingem de maneiras diferentes o ambiente. Assim, o uso do solo diversifica-se a partir de sua ocupação por diferentes categorias sociais (FANTON *et al.*, 2008; SANTIN E GOELLNER, 2013).

As atividades antrópicas têm desencadeado e acelerado os processos de erosão do solo. No caso da agricultura a situação não é diferente, pois ocasiona a diminuição da qualidade e da produtividade do solo, além de impactos na qualidade da água e aceleração da sedimentação natural de rios, lagos e reservatórios, causando sérios danos no ciclo hidrológico e hidrosedimentológico de bacias hidrográficas. Os impactos ambientais adversos sobre a qualidade da água intensificam-se quando a ocupação e uso do solo pela agricultura e pecuária estendem-se até áreas marginais e ecologicamente sensíveis, como zonas ripárias e úmidas. As zonas ripárias ou ciliares são áreas de saturação hídrica permanente ou temporária, encontradas principalmente ao longo das margens e nas cabeceiras da rede de drenagem. Esses locais exercem importante função do ponto de vista hidrológico e ecológico, contribuindo para a manutenção da saúde ambiental e da resiliência de bacias hidrográficas. As áreas úmidas são áreas transicionais entre sistemas terrestres e aquáticos, onde o nível da água se encontra normalmente na superfície do solo ou perto dela ou, o solo é coberto por água rasa (CAPOANE, TIECHER E SANTOS, 2016).

As degradações dos corpos d'água são agravadas pelas contaminações por resíduos orgânicos e inorgânicos. Entre os contaminantes inorgânicos, encontram-se os oriundos das práticas agrícolas como o nitrato, o fosfato, os metais pesados, além dos resíduos industriais provindos da fabricação de tintas, fertilizantes, produtos farmacêuticos, resíduos da atividade de termelétricas, mineração e metalurgia. Os contaminantes de natureza orgânica mais comuns são os agrotóxicos, os lodos de estações de tratamento de efluentes (ETE), resíduos petroquímicos, lixo doméstico, resíduos de agroindústrias, entre outros (CHRISTOFIDIS, 2013; STEFFEN *et al.*, 2011).

O monitoramento ambiental permite o conhecimento e o acompanhamento da qualidade da água, por meio da quantificação física, química e biológica, tornando viável o amplo diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica e a avaliação das respostas dos ambientes aquáticos (em termos espaciais e temporais) aos impactos antrópicos na sua área de drenagem ou de influência (CUNHA & CALIJURI, 2010; ANA, 2016).

A água pode servir de veículo para várias impurezas, agentes biológicos e químicos sendo necessário observar os fatores que podem interferir negativamente na sua qualidade. Dentre as substâncias encontradas na água, o composto nitrogenado em seus diferentes estados de oxidação (nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato) pode apresentar riscos à saúde humana. A presença do nitrogênio na água pode ser de origem natural, como matéria orgânica e inorgânica e chuvas; e antrópica, como esgotos domésticos e industriais. O nitrato, um dos mais encontrados em águas naturais, apresenta-se em baixos teores nas águas superficiais, podendo alcançar altas concentrações em águas profundas, como nas fontes minerais, por ser altamente lixiviante nos solos, contaminando corpos d'água e aquíferos subterrâneos(CUNHA *et al.*, 2012; VON SPERLING, 2005).

A consequência da deterioração da qualidade da água é a restrição ao uso. No caso do uso para a irrigação, a utilização de uma água de baixa qualidade pode acarretar problemas de operacionalização em sistemas de irrigação, neste caso, ocorre o risco de contaminação dos alimentos irrigados, comprometendo a qualidade do produto e principalmente a saúde humana (PONTES, MARQUES e MARQUES, 2012).

De acordo com a EMBRAPA, 2010, as águas utilizadas usualmente para irrigação são de origem superficial ou subterrânea, em regiões áridas, as características climáticas e a escassez hídrica, tornam necessário o emprego de outras fontes de água disponível, como as águas residuárias urbanas. A origem de todas elas advém de chuvas, que vão incorporando as substâncias que dissolve ou arrasta dos locais pelos quais escorrem ou infiltram, além de receber os resíduos provenientes das atividades humanas. Estas águas continentais apresentam características diversificadas, dependendo de sua procedência e do grau de contaminação alcançado antes do uso.

Segundo AYERS e WESTCOT, 1999, a avaliação da qualidade da água para irrigação leva em consideração, principalmente, as características físico-químicas.

Para avaliar se um determinado corpo d'água apresenta condições satisfatórias para assegurar os seus usos potenciais, conforme classificação da Resolução CONAMA 357/05 é necessário efetuar a caracterização da água, ou seja, avaliar a sua qualidade (OLIVEIRA, CAMPOS e MEDEIROS;2010).

Diversos índices foram desenvolvidos com base em características físico-químicas da água ou a partir de indicadores biológicos, cabendo ajustes nos pesos e parâmetros para adequação à

realidade regional. Usualmente, estes IQAs (Índice de Qualidade das águas) são baseados em poucas variáveis, cuja definição deve refletir as alterações potenciais ou efetivas, naturais ou antrópicas que a água sofre (BARROS e SOUZA,2012).

Na avaliação da qualidade da água e grau de eutrofização de um corpo hídrico são utilizados Índices de Qualidade da Água (IQA) e Estado Trófico (IET) que determinam a possibilidade de utilização da água para abastecimento público, o enriquecimento por nutrientes e efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou proliferação de macrófitas (ALVES *et al.*, 2012).

### 3.5 IQA – ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Alterações no sistema aquático conduzem a prejuízos econômicos, que vão desde a redução da pesca até o aumento do custo de aquisição e tratamento da água. Nesse aspecto, para caracterizar a qualidade da água, uma metodologia que pondera diversos parâmetros consiste no índice de qualidade da água (IQA), permitindo classificar os cursos d'água em classes ou níveis de qualidade. O uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na bacia, sejam essas de origem antrópica ou natural (ZANINI *et al.*, 2010).

O uso de índices de qualidade de água é utilizado por programas de monitoramento de água para acompanhar, através de informações de indicadores, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo, utilizando variáveis que correlacionam com as alterações, independente da origem (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

O IQA foi criado pelo National Sanitation Foundation (NSF), em 1970, com base em uma pesquisa desenvolvida por 142 especialistas, onde cada um indicou as variáveis que julgava relevante para a determinação da qualidade da água. Ao todo, foram propostas inicialmente 35 variáveis, contudo, somente o oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais dissolvidos foram consideradas mais representativas e foi determinado para cada variável um peso ( $w_i$ ) relativo proporcional a sua importância. Para cada parâmetro foi traçada uma curva de qualidade ( $q$ ) (COSTA *et al.*; 2010; ANA, 2016).

A partir dos estudos da NSF diferentes IQAs foram formulados. No Brasil existe diversos IQAs, adaptados para cada bacia hidrográfica ou corpo d'água, levando em consideração as características do local ou de acordo com a necessidade de aplicação, como na determinação de água para abastecimento, irrigação, piscicultura, etc. A CETESB em 1975 adaptou o IQA da NSF, onde substituiu o parâmetro nitrato pelo nitrogênio total (somatório da concentração de nitrito, nitrato e nitrogênio total Kjeldahl) e de sólidos totais dissolvidos por sólidos totais (LOPES e LIBANO, 2005).

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), adaptou o IQA em 1990, quando foi criada a rede integrada do Rio Sinos. Neste caso, a variável temperatura foi excluída, o nitrato foi substituído por nitrogênio amoniacal e todos os pesos ( $w_i$ ) de todas variáveis foram alterados (FEPAM, 2010).

Em execução desde 1997, o Projeto Águas de Minas é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) utiliza desde então uma versão adaptada da proposta pela CETESB, também composta por nove parâmetros, com seus respectivos pesos. O IGAM substituiu o nitrogênio total pelo nitrato (IGAM, 2012).

De acordo com a ANA, 2016, a qualidade da água obtida pelo IQA é falha, pois, não avalia parâmetros importantes à saúde pública como substâncias tóxicas, protozoários patogênicos e substâncias organoléticas. Não devendo ser utilizado como único método de avaliação da qualidade da água.

O IQA utilizado na CETESB é calculado pelo produto ponderado da qualidade da água correspondente às variáveis que integram o índice composto por nove variáveis (coliformes fecais, potencial hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais, Oxigênio Dissolvido (OD) e temperatura), com seus respectivos pesos ( $w_i$ ), fixados em função da sua importância para a determinação da qualidade da água, conforme tabelas 3 e 4 respectivamente (CETESB, 2007; BUZELLI e CUNHA, 2013).

Tabela 3 – Variáveis Integrantes do IQA

Variáveis	Descrição	Indicação	Unidade
DBO	É a quantidade de oxigênio consumida.	Indica a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente	mgL <sup>-1</sup>
Ph	Medida da concentração dos Íons de hidrogênio numa solução.	Pode indicar a presença de poluição	Escala de 0 a 14
Turbidez	Expressa propriedades de transmissão da luz de uma solução.	Reflete a penetração da luz ou transparência da água	UNT
Nitrogênio e Fosforo total	São representados por nitratos, nitritos, amônia, fosfatos e outros.	Importantes na produção primária de organismos aquáticos	mgL <sup>-1</sup>
OD	Expressa a quantidade de oxigênio dissolvida na água.	Fundamental para a sobrevivência de comunidades aquáticas	mgL <sup>-1</sup>
Sólidos Totais	Possuem características físicas (suspense dissolvidos) e químicas (orgânicos e inorgânicos)	Toda a matéria que permanece como resíduo na água	mgL <sup>-1</sup>
Colifórmes Termotolerantes	Constituem o indicador de contaminação fecal mais comum	Usado na caracterização e avaliação da qualidade das águas	UFC/100ml
Temperatura	Pode influir nas atividades biológicas, absorção de oxigênio e precipitação dos compostos.	Quando elevada, resulta na perda de gases pela água, gerando odores e desequilíbrios.	C°

Fonte: BARROS e SOUZA, 2012.

Tabela 4: Pesos das Variáveis do IQA

<b>Parâmetros</b>	<b>(Peso)W</b>
OD	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
DBO	0,1
Nitrato	0,1
Fósforo total	0,1
Temperatura	0,1
Turbidez	0,08
Resíduos totais	0,08

Fonte: ANA, 2016.

Para cálculo do IQA usa se a Equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad \text{Eq.(01)}$$

Sendo:

$q_i$ : qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de concentração ou medida;

$w_i$ : peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade;

$i$  = número do parâmetro, variando de 1 a 9 ( $n=9$ , ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA é 9);

O somatório dos pesos de todos os parâmetros é igual a 1, conforme a expressão a seguir:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo:

n: número de parâmetros que entram no cálculo do IQA

Os valores finais do IQA são expressos em categorias de qualidade e podem ser representados por cores, facilitando a interpretação dos resultados. Os valores do índice (IQA) variam entre 0 e 100 (Tabela 5) (ANA,2016). E, conforme o seu valor, reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos (BARROS E SOUZA, 2012).

Tabela 5: Classificação do IQA

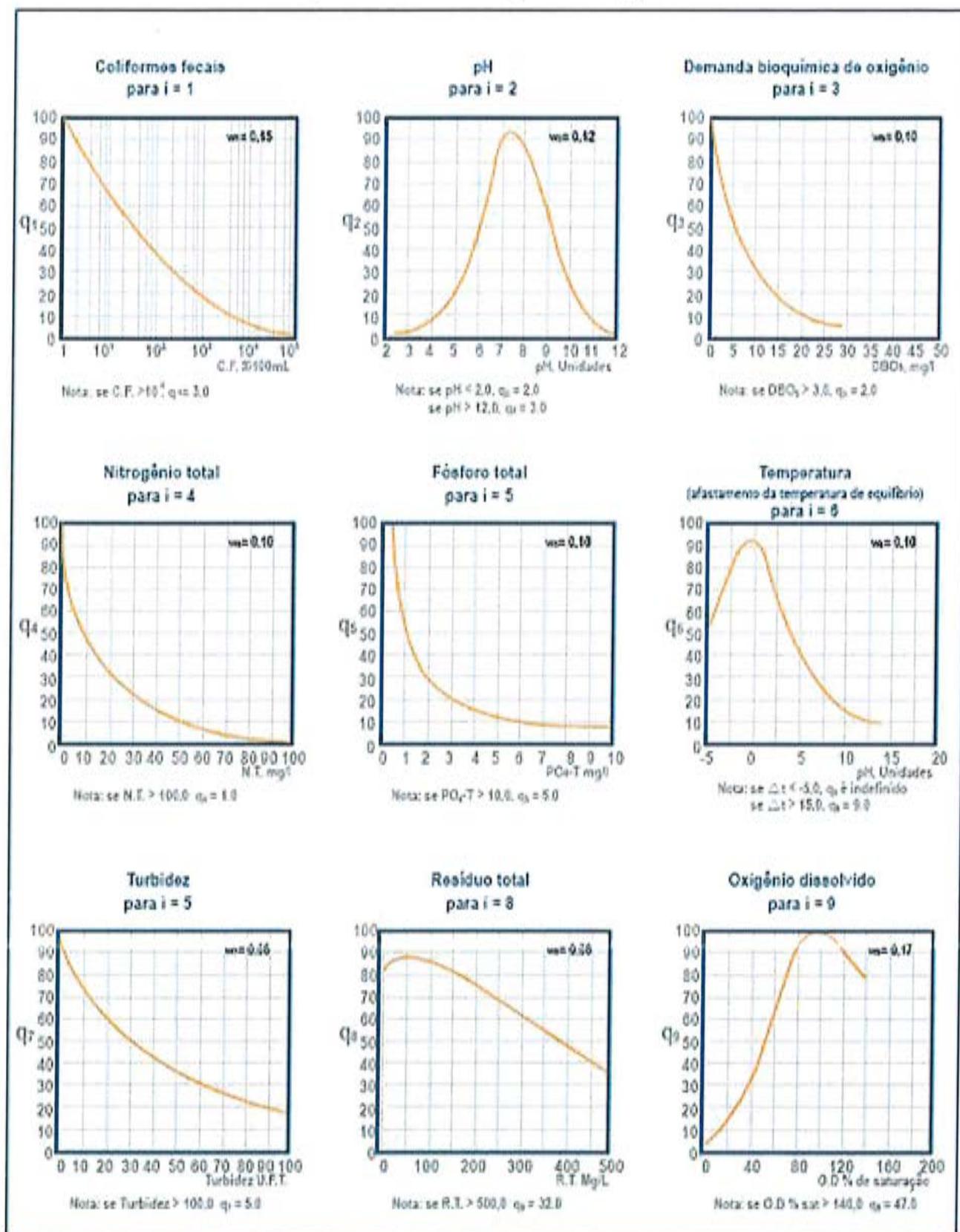
Categorias	Ponderação
Ótima	$79 < IQA < 100$
Boa	$51 < IQA < 79$
Regular	$36 < IQA < 51$
Ruim	$19 < IQA < 36$
Péssima	$IQA < 19$

Fonte: ANA, 2016

As variáveis de qualidade que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. O índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (COSTA E FERREIRA, 2015).

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida (figura 1) (ANA, 2016).

Figura 1 - Gráfico de qualidade (q)



Fonte: ANA, 2016.

### 3.6 - Índice de Estado Trófico (IET)

Dentro da liminologia, o estudo dos corpos d'água com relação ao seu grau de eutrofização, a qual pode ser definida como o processo de enriquecimento por nutrientes de um corpo d'água, seja por processo natural ou antrópico, teve início com Neumann (1919,1929) e Thienemann (1925,1931). Esta abordagem de classificação tipológica consistia em conferir a diferentes lagos uma categoria de estado trófico, variando de oligotrófico, mesotrófico e eutrófico. Neumann define o estado trófico como uma resposta biológica de lagos a introdução de nutrientes (LAMPARELLI,2004).

Os termos oligotrófico e eutrófico, também eram originalmente utilizados no início do século XX para descrever as condições relativas a nutrientes no desenvolvimento de turfeiras, pois um ambiente oligotrófico apresenta baixa concentração de nutrientes e baixa produtividade primária, ao contrário de um ambiente eutrófico(ANA, 2015).

Diferentemente do processo natural de eutrofização, cuja escala é geológica, no qual os ambientes tendem a passar de uma condição oligotrófica para a mesotrófica e finalmente para a eutrófica resultando no seu assoreamento e desaparecimento, o fenômeno de aceleração antrópica do processo de eutrofização pode ser observado em uma escala de tempo mais curta. Ele está, na maioria das vezes, associado ao aumento da contribuição de esgotos para os corpos d'água. Este fenômeno tem sido muito prejudicial e podendo causar muitos danos, por exemplo: a diminuição da diversidade de espécies e modificação da biota dominante, aumento da biomassa de plantas e animais, aumento da turbidez, aumento da taxa de sedimentação, diminuição da vida útil dos reservatórios, possibilidade de desenvolvimento de condições anóxicas, o tratamento da água pode ser dificultado e o suprimento de água pode vir a ter odor e gosto inaceitável, o aumento da vegetação aquática pode impedir o fluxo de água e a navegação, etc(LAMPARELLI, 2004).

O IET (Índice do Estado Trófico) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Dessa forma, foi possível estabelecer o Índice de Estado Trófico para ambientes lóticos (Córregos e Rios) e para ambientes lênticos (Reservatórios), segundo as equações(LAMPARELLI, 2004; CETESB,2007).

**- Córregos e rios:**

$$\text{IET (CL)} = 10x \left( 6 - \left( \frac{-0,7 - 0,6x(\ln \text{CL})}{\ln 2} \right) \right) - 20 \quad \text{Eq. 3}$$

$$\text{IET (PT)} = 10x \left( 6 - \left( \frac{0,42 - 0,36x(\ln \text{PT})}{\ln 2} \right) \right) - 20 \quad \text{Eq. 4}$$

**- Reservatórios:**

$$\text{IET (CL)} = 10x \left( 6 - \left( \frac{0,92 - 0,34x(\ln \text{CL})}{\ln 2} \right) \right) \quad \text{Eq. 5}$$

$$\text{IET (PT)} = 10x \left( 6 - \left( 1,77 - \frac{0,42x(\ln \text{PT})}{\ln 2} \right) \right) \quad \text{Eq. 6}$$

Sendo:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em µg/L;

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em µg/L;

ln: logaritmo natural.

O cálculo do Índice de Estado Trófico (IET) é baseado em duas variáveis, a clorofila a e o fósforo total, sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices anuais relativos ao fósforo total e a clorofila-a (CETESB, 2007).

$$IET = \frac{[IET (PT) + IET (CL)]}{2} \quad \text{Eq. 7}$$

A partir do valor encontrado o corpo hídrico recebe uma classificação (Tabela 6).

Tabela 6 - Classificação do IET

Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

(BUZELLI E CUNHA, 2013)

Determinar o estado trófico é uma ação fundamental para obtenção de informações sobre o corpo de água, pois seu conhecimento permite descrever as relações bióticas e abióticas desse ecossistema. A avaliação do estado trófico da água é muito importante para o manejo sustentável dos recursos hídricos. Quanto aos nutrientes, tanto o fósforo como o nitrogênio são determinantes no processo de degradação da água, porém o fósforo é a principal causa do processo de eutrofização (ZANINI *et al.*, 2010).

### 3.7 Qualidade da água para irrigação

A qualidade da água para irrigação, segundo Embrapa, 2010 se define em função de três critérios básicos: Salinidade, sodicidade e toxicidade. A salinidade avalia o risco de que o uso da água ocasione altas concentrações de sais, com o correspondente efeito osmótico e diminuição da produção. A sodicidade analisa o risco de que se induza uma elevada

porcentagem de sódio trocável (PST), com deterioração da estrutura do solo. A toxicidade avalia os problemas de determinados íons acumulados nos tecidos das plantas.

AYERS e WESTCOT, 1999, adaptaram as análises laboratoriais necessárias para avaliar a água para irrigação (tabela 7).

Tabela 7 - Análises laboratoriais necessárias para avaliar a água para irrigação

Parâmetros	Símbolo	Unidade <sup>1</sup>	Intervalo usual na água de irrigação	Fatores de conversão
<b>SALINIDADE</b>				
Conteúdo de sais				
Condutividade Elétrica ou	CEai	dS m <sup>-1</sup>	0 - 3	P <sub>0</sub> = 0,36 CE (atm) (dS m <sup>-1</sup> )
Total de Sais Dissolvidos	TSD	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2.000	
<b>CÁTIONES E ÂNIONES</b>				
				Pe <sup>2</sup>
Cálcio	Ca <sup>2+</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 20	20.04
Magnésio	Mg <sup>2+</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 5	12.16
Sódio	Na <sup>+</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 40	22.99
Carbonatos	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 0.1	30.00
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 10	61.02
Cloretos	Cl <sup>-</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 30	35.45
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 20	48.03
<b>NUTRIENTES<sup>3</sup></b>				
Nitrato – Nitrogênio	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	mg L <sup>-1</sup>	0 - 10	62.00
Amoníaco – Nitrogênio	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	mg L <sup>-1</sup>	0 - 5	18.04
Fosfato – Fósforo	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2	31.66
Potássio	K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2	39.10
<b>VÁRIOS</b>				
Boro	B <sup>3+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2	3,60
Acidez ou Alcalinidade	pH		6 - 8,5	
Razão de Adsorção de Sódio	RAS	(mmol.L <sup>-1</sup> ) <sup>02</sup>	0 - 15	

Fonte: Embrapa, 2010.

A interpretação da qualidade da água para irrigação deve relacionar os parâmetros analisados com os efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais são necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (BERNARDO, SOARES E MANTOVANI, 2005).

A definição favorável à utilização de uma água para fins de irrigação depende, não somente das condições químicas que apresenta, mas também das características físico-químicas dos solos em que vão ser aplicadas, assim como da susceptibilidade e resistência dos cultivos que vão ser irrigados (EMBRAPA, 2010).

A utilização de água de irrigação de baixa qualidade pode gerar problemas de operacionalização em sistemas de irrigação, interferindo nas propriedades do solo, e principalmente, pode interferir na qualidade da cultura irrigada (ARAÚJO *et al.*, 2015).

No Brasil, a questão da qualidade da água para culturas irrigadas pode ser observada através da Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o qual relaciona os parâmetros a serem quantificados, a tabela 8 expressa essa relação. Ainda de acordo com a mesma, as águas utilizadas para irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas.

Tabela 8 - Qualidade da água para irrigação

<b>Águas Doces</b>	
Classe I	Águas destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas.
Classe II	Águas destinadas à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas.
Classe III	Águas destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

Fonte: Resolução CONAMA 357/2005

Os efeitos nocivos das águas de qualidade limitada no sistema solo-planta têm sido verificados na prática e podem interferir significativamente nos atributos edáficos e no desempenho produtivo das culturas (CAVALCANTE, 2000).

De acordo com BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, (2005), para avaliar a água para irrigação devem ser levados em consideração seis parâmetros: I- salinidade; II- Razão de Adsorção do Sódio (RAS); III- tóxicos; IV- Aspectos sanitários; V- Concentração de bicabornato e VI- Entupimento de emissores. Para se avaliar o efeito da água de irrigação na infiltração do solo, deve-se analisar conjuntamente a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e a salinidade.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} Mg^{++}}{2}}} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde as concentrações de Na, Ca e Mg estão em multiequivalente por litro.

Enquanto o problema de infiltração reduz a quantidade de água que penetra na zona radicular, a salinidade reduz a disponibilidade de água que já se encontra armazenada nela. A capacidade de infiltração de um solo cresce com o aumento de sua salinidade e decresce com o aumento da razão de adsorção de sódio (RAS) e, ou, com o decréscimo de sua salinidade (SILVA *et al.*, 2011).

### 3.8 Legislação Aplicada aos Recursos Hídricos

#### 3.8.1 Decreto nº24.643/1934 – Código de águas brasileiro

O Brasil vem produzindo, desde o início do século passado, legislação e políticas públicas que buscam paulatinamente valorizar seus recursos hídricos. A crise econômica no final do século XIX e no início do século XXI, centrada na troca do modelo econômico (de agrário para industrial), exigiu uma maior utilização da energia elétrica para a geração de riquezas. Nesse contexto socioeconômico, foi publicado o Decreto nº24.643, de 10 de julho de 1934, denominado Código de Águas Brasileiro. Mesmo voltado para a priorização da energia elétrica, o Código de Águas de 1934, como ficou conhecido, inicia um trabalho de mudança de conceitos relacionados ao uso e à propriedade da água. Esse Código, que foi criado com a finalidade de estabelecer o regime jurídico das águas no Brasil, dispõe sobre sua classificação, sua utilização e sobre o aproveitamento do potencial hidráulico, fixando as respectivas limitações administrativas de interesse público. Encontram-se nele positivados os primeiros dispositivos legais que tratam da cobrança pelo uso da água (CETESB, 2016).

O artigo 43 aborda a outorga, ao citar que as águas públicas não podem ser derivadas para as aplicações da agricultura, da indústria e da higiene, sem a existência de concessão administrativa, no caso de utilidade e, não se verificando de autorização administrativa, que será dispensada, todavia, na hipótese de derivações insignificantes. (BRASIL, 1934, art. 43)

Também o artigo 139 aborda o instrumento da outorga ao citar que o aproveitamento industrial das quedas de água e outras fontes de energia hidráulica – quer de domínio público, quer de domínio particular, far-se-á pelo regime de autorizações e concessões instituídas neste Código. (BRASIL, 1934, art. 139).

Segundo Souza (1997), a aplicação do Código de Águas – juntamente com a evolução dos problemas socioeconômicos do país – possibilitou alterações no modelo de administração pública e de novas normas legais.

### **3.8.2 - Lei nº 9.433/1997 – Política Nacional dos Recursos Hídricos**

A política nacional de recursos hídricos (PNRH) tem como um de seus objetivos assegurar a atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequada aos respectivos usos (Capítulo II, Art. 2º, I PNRH/1997).

Fundamentando que a água é um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico e que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, sendo priorizado nos casos de escassez o uso para consumo humano e dessedentação animal (Cap. I, art. 1º I, II, III E IV; PNRH /1997).

O enquadramento dos corpos hídricos em classes e a outorgados direitos de uso dos recursos hídricos são alguns dos instrumentos da PNRH (Art 5º Cap IV, II E III, PNRH /1997) e visa a assegurar as águas de qualidade compatível com o uso mais exigente a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes (seção II Art 9º I e II, PNRH /1997).

As classes de corpos de água são estabelecidas pela resolução CONAMA 357/2005, alterada pela resolução CONAMA 410/2009 e 430/2011.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos e o efetivo exercício dos direitos de acesso a água (seção II art 11, PNRH /1997).

O uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural independe de outorga pelo poder público (Seção II Art 12, §1º, I, PNRH /1997).

Segundo a Seção VI, Art 20 da PNRH /1997, somente serão cobrados os usos de recursos hídricos outorgáveis.

### **3.8.3 - Resolução CONAMA Nº 357/ 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. Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial a defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes; o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade. Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas; Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve: Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

De acordo com o Cap II Seção I Art 4º, as águas doces destinadas a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer com os quais o público possa vir a ter contato direto são classificadas como Classe II.

Os padrões de qualidade das águas determinados nesta resolução estabelecem os limites individuais para cada substância em cada classe (Cap III, seção I, art 7º).

A seção II, art 15 diz que aplica-se as águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1, conforme alguns exemplos expostos na tabela 9, com exceção dos itens da tabela 8.

Tabela 9 – Exemplos de Padrões Classe 1

CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fósforo total (ambiente lântico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH >8,5
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Glifosato	65 µg/L

Fonte -

CONAMA 357/05

Tabela 10 – Exceções de condições e padrões das águas doces Classe 2

I	Não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
II	Coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA n° 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A <i>E. colipoderá</i> ser determinada em substituição ao parâmetro coliforme termotolerante de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
III	Cor verdadeira: até 75 mgPt/L;
IV	Turbidez: até 100 UNT;
V	DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O <sub>2</sub> ;
VI	OD não inferior a 5 mg/L O <sub>2</sub> ;
VII	Clorofila <i>a</i> : até 30 µg/L;
VIII	Densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm <sup>3</sup> /L;
IX	Fósforo total: a) Até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos b) Até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lênticos.

Fonte: CONAMA 357/05

O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH e conselhos estaduais de recursos hídricos (Cap V, art 38).

#### 3.8.4. Resolução CONAMA n° 420 / 2009

Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Esta resolução dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas (Cap I, art 1º).

CapI, art. 3º,parágrafo único diz que a proteção do solo deve ser realizada de maneira preventiva, a fim de garantir a manutenção da sua funcionalidade ou, de maneira corretiva, visando restaurar sua qualidade ou recuperá-la de forma compatível com os usos previstos. São funções principais do solo: I - servir como meio básico para a sustentação da vida e de habitat para pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos; II - manter o ciclo da água e dos nutrientes; III - servir como meio para a produção de alimentos e outros bens primários de consumo; IV - agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos; V - proteger as águas superficiais e subterrâneas; VI - servir como fonte de informação quanto ao patrimônio natural, histórico e cultural; VII - constituir fonte de recursos minerais; e VIII - servir como meio básico para a ocupação territorial, práticas recreacionais e propiciar outros usos públicos e econômicos.

Os solos são classificados de acordo com a concentração de substâncias químicas conforme Tabela 11.

Tabela 11 - Classificação dos solos de acordo com a concentração de substâncias químicas

CLASSE I	Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao valor de referência de qualidade (VRQ);
CLASSE II	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao valor de prevenção (VP);
CLASSE III	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual a classe 4
CLASSE IV	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química

Fonte: CONAMA 420/2009 (Cap II, art 13º, I ao IV).

CapIII,art. 15 diz que as concentrações de substâncias químicas no solo resultantes da aplicação ou disposição de resíduos e efluentes, observada a legislação em vigor, não poderão

ultrapassar os respectivos VPs. Segundo o art. 16 são procedimentos para avaliação das concentrações de substâncias químicas e controle da qualidade do solo, dentre outros: I - realização de amostragens e ensaios de campo ou laboratoriais, de acordo com os artigos 17, 18 e 19; II - classificação da qualidade do solo conforme artigo 13; e III - adoção das ações requeridas conforme estabelecido no artigo 20.

### **3.8.5 Portaria nº 2.914/2011**

Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Segundo o Cap I, Art. 3º toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.

Fica definido no Cap II, art 5º, I e II que: água para consumo humano é toda água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem; água potável é a água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;

A água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, conforme disposto no Anexo I e demais disposições desta Portaria (CapV,Art 27).

Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem, em conjunto, elaborar um plano de ação e tomar as medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade (Cap.VIII, Art.44).

### 3.7.6 Resolução CONAMA nº 274 / 2000

Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Considerando que a saúde e o bem-estar humano podem ser afetados pelas condições de balneabilidade.

As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria. As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias (Tabela 12):

Tabela 12 – Subdivisão de águas categoria própria

Excelente	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 <i>Escherichia coli</i> ou 25 enterococos por 100 mililitros;
Muito Boa	quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 <i>Escherichia coli</i> ou 50 enterococos por 100 mililitros;
Satisfatória	Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 <i>Escherichia coli</i> ou 100 enterococos por 100 mililitros

Fonte: CONAMA 274/2000 Art 2º, § 1º, a,b e c.

O art2º ,§ 4º diz que as águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências (Tabela 13):

Tabela 13 - Ocorrências para classificação de águas impróprias

<b>A</b>	Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
<b>B</b>	Valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 <i>Escherichia coli</i> ou 400 enterococos por 100 mililitros;
<b>C</b>	Incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
<b>D</b>	Presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável à recreação;
<b>E</b>	pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
<b>F</b>	Floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
<b>G</b>	Outros fatores que contra indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Fonte- CONAMA n° 274/00

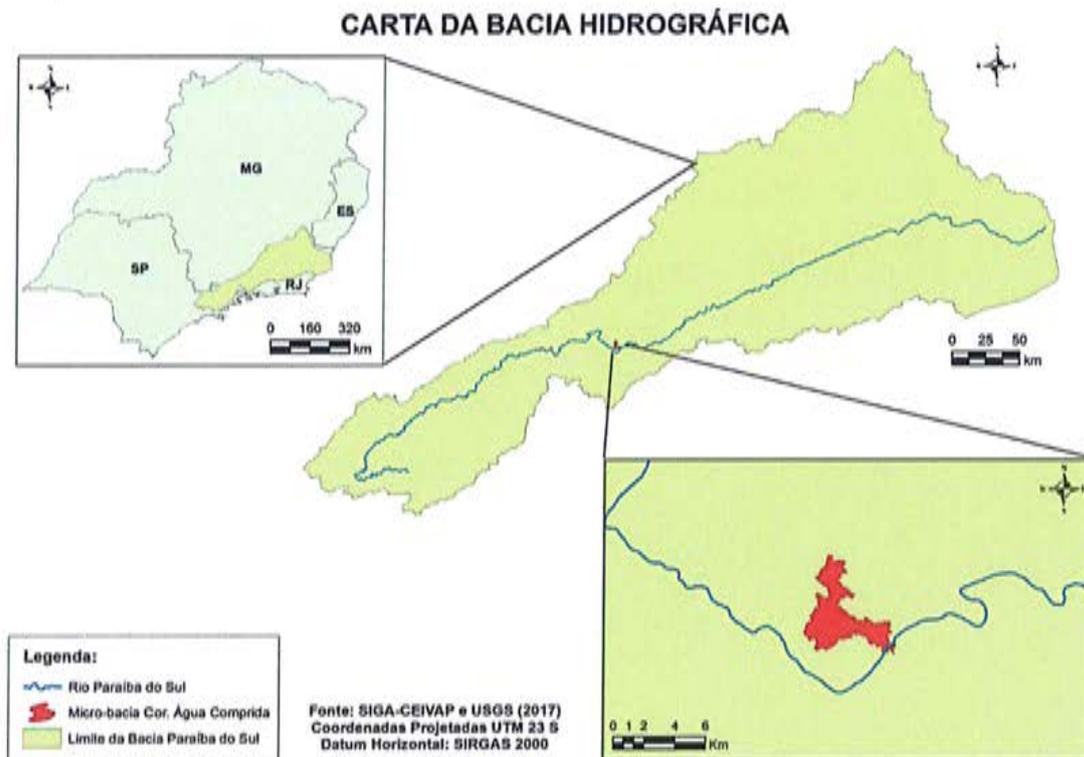
Fica especificado no Art. 7º que os métodos de amostragem e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial-INMETRO ou, na ausência destas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-AWWA-WPCF, última edição (CONAMA n° 274/2000).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

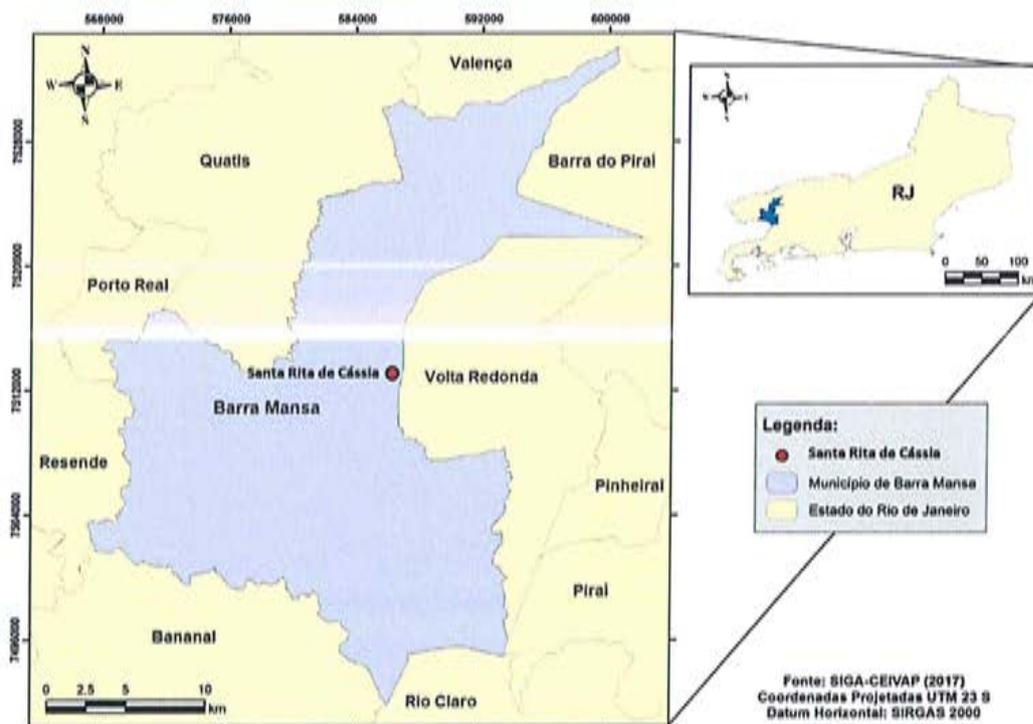
### 4.1 Caracterização do local

A área de estudo compreende a microbacia hidrográfica do Córrego Água Comprida, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Figura 2), na região do distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa / RJ (Figuras 3 e 4). O distrito se encontra a 22°29'32,05" Sul e 44°09'55,88" Oeste e possui clima mesotérmico, com verões quentes e chuvosos e inverno seco. A umidade relativa do ar varia entre 69% e 77% e a temperatura média local se encontra entre 22 e 25°C, sendo as mais baixas observadas no período de maio a setembro (média mínima de 13,7°) e as mais altas entre novembro e março (média máxima de 29,7°). O período de chuvas está entre os meses de outubro a abril, com pluviosidade de 1.192,8 mm/ano. A precipitação média anual varia em torno de 1.592,5 mm de chuva, sendo de dezembro a março o período mais chuvoso, com média de 247,87 mm/mês, e de maio a setembro o mais seco, com média de 36,02 mm/mês (PMBM, 2015). Ainda, segundo GOMES *et al.* (2009), há no distrito aproximadamente 102 nascentes, sendo que a maioria se apresenta em alta grau de degradação.

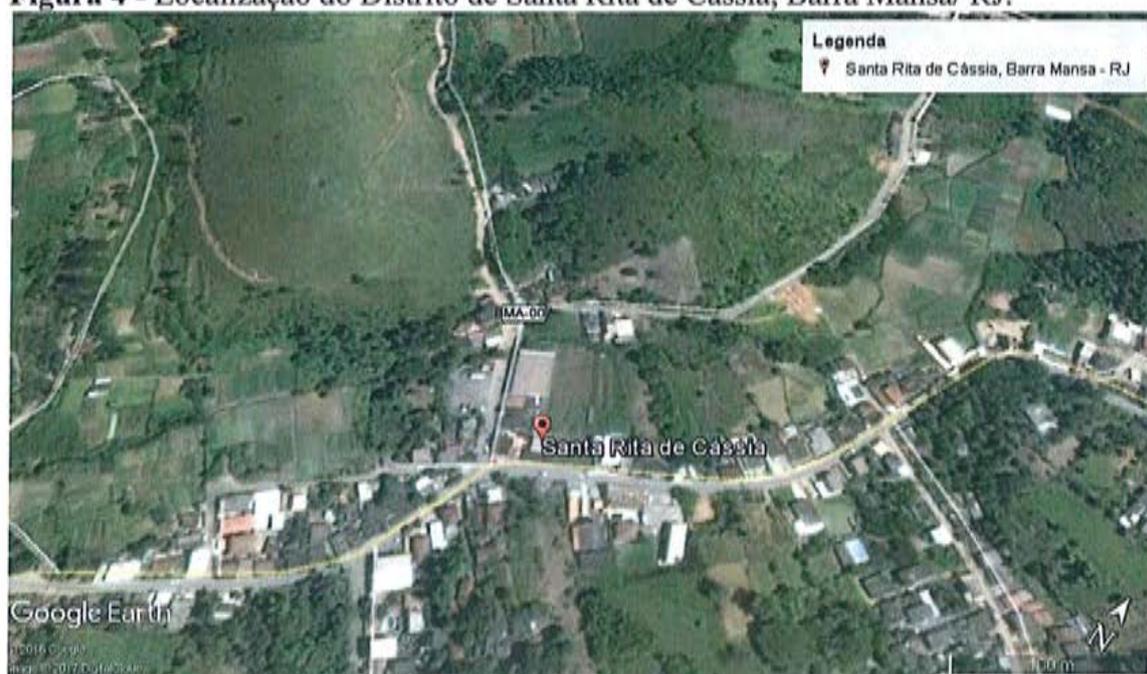
**Figura 2 -** Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Microbacia Córrego Água Comprida.



**Figura 3 -** Mapa da localização do município de Barra Mansa, no Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 4 -** Localização do Distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa/ RJ.



**Fonte:** Adaptado de Google

A principal atividade desenvolvida no distrito é o cultivo de hortaliças, contando atualmente com aproximadamente 160 horticultores, sendo alface e couve as principais culturas produzidas. Há também pequenas produções de milho, abóbora, chuchu e jiló. A produção é totalmente escoada nos mercados da região, sendo eles restaurantes, supermercados, escolas e hospitais (DIÁRIO DO VALE, 2016).

#### **4.2 Qualidade da Água**

Para determinação da qualidade da água, foram coletadas amostras da mesma ao longo do Córrego Água Comprida, nas proximidades dos canteiros plantados com hortaliças. Para tal, analisou-se parâmetros de qualidade, como Cloretos, Condutividade elétrica, Cor aparente, Cor verdadeira, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBOe DBO<sub>5,20</sub>), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Dureza Total, Ferro, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Salinidade, Sódio Total, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Totais, Temperatura e Turbidez, além de parâmetros microbiológicos, como *Escherichia coli*. Destaca-se ainda que foi avaliado o teor do defensivo agrícola glifosato nas águas do Córrego Água Comprida.

De acordo com a Portaria Minter nº 86 (1981), o trecho do Rio Paraíba do Sul que compreende a área em estudo é classificado como Classe II, segundo o enquadramento de corpos hídricos em classes, instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997). Sendo assim, pôde-se determinar se o corpo d'água em questão manteve-se com a qualidade da água de seu enquadramento, de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Ainda a fim de determinar a qualidade da água na microbacia hidrográfica Córrego Água Comprida, foram estabelecidos o Índice de Estado Trófico (IET), através do parâmetro fósforo total, e o Índice de Qualidade da Água (IQA) estabelecido e utilizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), utilizando 9 parâmetros de qualidade: Oxigênio Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrato, Fosfato Total, Temperatura da água, Turbidez e Sólidos Totais. Além disso, avaliou-se a qualidade da água do Córrego, nas proximidades dos canteiros, para fins de irrigação, através de parâmetros como Condutividade elétrica (CE), Sais dissolvidos totais (SDT), Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Cloro ( $\text{Cl}^-$ ), Nitrogênio ( $\text{NO}_3 - \text{N}$ ) e pH.

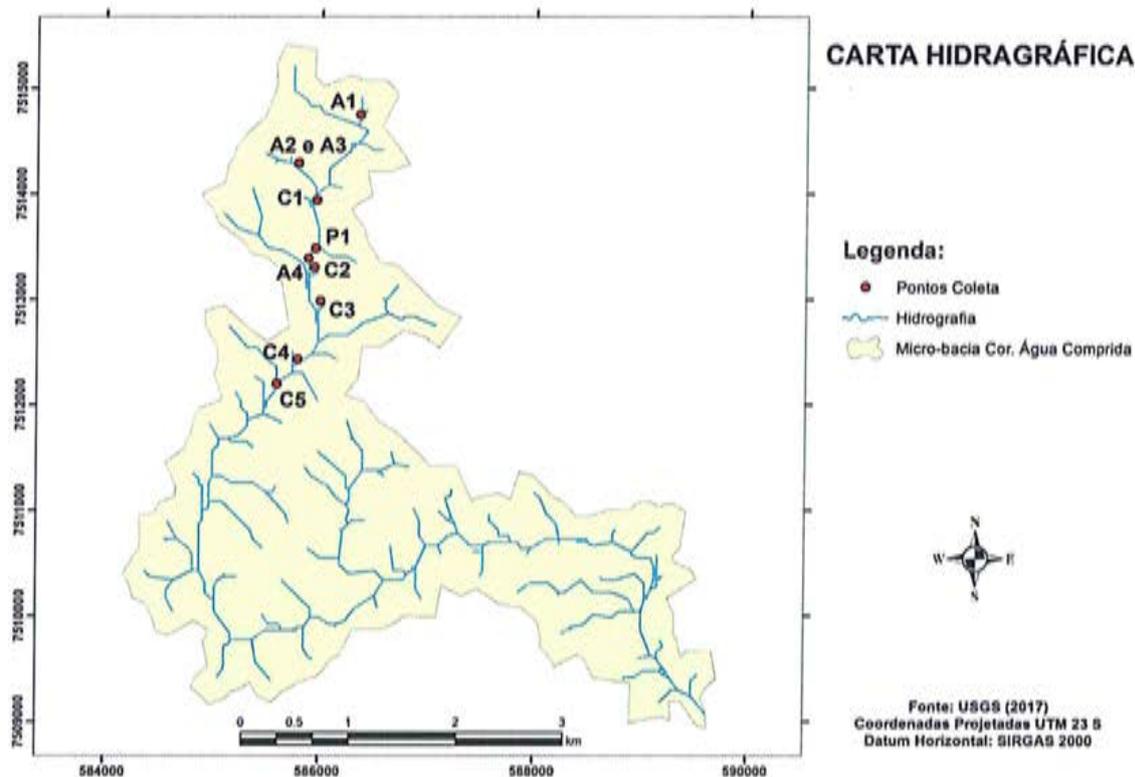
#### **4.2.1 Coletas**

Foram selecionados 10 pontos amostrais, com a finalidade de obter boa representatividade da região de estudo, e em seguida foi feita a divisão dos mesmos em 3 tipologias diferentes: Açude (A), Curso d'água (C) e Poço (P). No total foram analisadas águas de quatro açudes, cinco pontos de curso d'água e água de um poço, numerando-os de montante para jusante.

Os pontos A1, A2 e A3, açudes mais à montante da bacia hidrográfica, foram escolhidos uma vez que se assumiu que são os que apresentam menor influência do uso e ocupação do solo. O ponto C1 drena uma área onde há maior ocupação agrícola e também já se encontram algumas residências, logo estimou-se que já haja certa influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água. O ponto A4 se encontra em um açude localizado no meio da horta e, assim como o ponto C2, esperou-se observar esta influência nas análises, uma vez que ambos contemplam uma área ainda maior de contribuição. A partir do ponto C3 já se começou a observar, além da influência das

hortaliças, a relevante contribuição de lançamento de efluentes domésticos e sanitários. Os Pontos C4 e C5, mais à jusante, são os que mais sofrem influência tanto da horticultura quanto dos lançamentos domésticos e sanitários, logo se esperou que apresentassem os piores resultados de qualidade da água. Finalmente, o ponto P1 foi escolhido por se tratar de um poço, o qual permitirá a avaliação da qualidade da água subterrânea, para fins comparativos. Na Figura 5 está elucidada a delimitação da microbacia hidrográfica Córrego Água Comprida, com a localização de cada ponto e na Figura 5 apresentam-se imagens dos locais de coleta, no dia da mesma.

**Figura 5** - Localização de cada ponto de coleta, na Micro Bacia Hidrográfica Córrego Água Comprida.



Justifica-se as coletas na porção mais à montante da bacia hidrográfica pois é a área onde se encontra maior ocupação do solo pela atividade agrícola.

**Figura 6 -** Imagens dos locais de coleta.



**Fonte:** Arquivo pessoal.

As coletas das amostras de água nos pontos selecionados foram realizadas no dia 3 de novembro de 2016, seguindo a ordem de montante para jusante, e iniciaram-se às 08h30min, com condições de tempo estáveis. A última coleta foi realizada às 16h00min, com tempo nublado.

Nos locais da coleta, foram recolhidos alguns dados iniciais, como coordenadas dos pontos das amostras, através de aparelho de GPS, modelo *Garmin etrex venture cx* (Figura 7). Utilizando duas sondas multiparamétricas, modelos *Hanna HI9828* e *HachHQ40d* (Figura 7), foi possível determinar alguns parâmetros *in loco*, como pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, salinidade, resistividade e oxigênio dissolvido. Para os demais parâmetros, foram coletados 4 litros de amostra para as análises físico químicas e 1 litro de amostra para análises microbiológicas, em recipiente devidamente esterilizado e tomando-se o cuidado para que não houvesse contaminação no momento da coleta. As amostras foram então acondicionadas em caixas térmicas com *gelox*, a fim de se manter as condições ambientais do momento da coleta as mais fiéis possível, e finalmente levadas para análise no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA), na Universidade Federal de Juiz de Fora / MG. Além disso, em alguns pontos foi possível fazer a determinação da vazão.

**Figura 7** - Equipamentos utilizados em campo.



Foram recolhidas ainda em alguns pontos, amostras para determinação de Glifosato nos corpos hídricos, e posteriormente estas foram encaminhadas ao Laboratório

Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental Ltda, especializado para realização da análise.

Na Tabela 14 apresentam-se a localização de cada ponto no GPS, sua classificação como ambiente lótico ou lêntico, e as análises realizadas em cada um deles.

Tabela 14 - Pontos de coleta, coordenadas de GPS, descrição do ambiente e análises realizadas em cada po

Ponto	Coordenadas (UTM)	Descrição do ambiente	Parâmetros de Qualidade da água
A1	23K 0586354 7514750	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, DQO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SE
A2	23K 0585783 7514292	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DQO, Dureza Cálcio e Magnésio Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , Temperatura e Turbidez.
A3	23K 0585783 7514292	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DQO, Dureza Cálcio e Magnésio Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , Temperatura e Turbidez.
A4	23K 0585947 7513487	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DQO, Dureza Cálcio e Magnésio Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , Temperatura e
C1	23K 0585954 7513944	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT <sup>3</sup> , ST <sup>4</sup> , Temperatura,
C2	23K 0585937 7513304	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , ST <sup>4</sup> , Temperatura e Turbidez.
C3	23K 0585995 7512989	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT <sup>3</sup> , ST <sup>4</sup> , Temperatura,
C4	23K 0585784 7512432	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , ST <sup>4</sup> , Temperatu
C5	23K 0585591 7512201	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT <sup>3</sup> , ST
P1	23K 0585882 7513390	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, Dureza Cálcio e Magnésio Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , Temperatura, Turbidez e Glifosato.

**Nota:** 1. Condutividade elétrica; 2. Oxigênio dissolvido; 3. Sólidos dissolvidos totais;

Na Tabela 15 estão apresentados os parâmetros analisados, assim como o método e equipamentos utilizados para tal, segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). Ressalta-se que as análises foram feitas dentro do tempo máximo estipulado para cada parâmetro, segundo sua metodologia específica.

Tabela 15 - Parâmetros e métodos utilizados na determinação da qualidade das amostras de águas superficiais.

<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>	<b>Equipamentos</b>
Cloretos	4500-Cl	Titulação com Bureta graduada
CE <sup>1</sup>	-	Sonda Multiparamétrica
Cor Aparente	2120 C	Colorímetro
Cor Verdadeira	2120 C	Colorímetro
DBO <sup>3</sup>	5210 B	Estufa incubadora
DQO <sup>4</sup>	5220 D	Bloco digestor e Espectrofotômetro
Dureza Cálcio e Magnésio	2340 C	Titulação com Bureta graduada
<i>Escherichia coli</i>	9222 B	Membrana filtrante
Fenóis	5530 C	Espectrofotômetro
Ferro	-	Espectrofotômetro e Kit Hach
Fósforo Total	-	Laboratório Externo
Nitrato	-	Espectrofotômetro e Kit Hach
Nitrito	-	Espectrofotômetro e Kit Hach
Nitrogênio Amoniacal	4500	Destilador de Nitrogênio
OD <sup>2</sup>	-	Sonda Multiparamétrica
Ph	-	Sonda Multiparamétrica
Resistividade	-	Sonda Multiparamétrica
Salinidade	-	Sonda Multiparamétrica
Sódio Total	-	Laboratório Externo
SDT <sup>5</sup>	-	Sonda Multiparamétrica
ST <sup>6</sup>	2540 B	Banho Maria, Estufa e Dessecador
Temperatura	-	Sonda Multiparamétrica
Turbidez	2130 B	Turbidímetro
Glifosato	-	Laboratório Externo

**Nota:** 1. Condutividade elétrica; 2. Oxigênio Dissolvido; 3. Demanda bioquímica de oxigênio; 4. Demanda química de oxigênio; 5. Sólidos dissolvidos totais; 6. Sólidos totais.

#### 4.2.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

O IQA foi calculado de acordo com a metodologia utilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). É composto por nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), que

foram fixados em função de sua importância para conformação global da qualidade da água, expressos na Tabela 16.

**Tabela 16 -** Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.

<b>Parâmetro de Qualidade da Água</b>	<b>Peso (w)</b>
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes*	0,15
pH	0,12
DBO	0,10
Temperatura da Água	0,10
Nitrato	0,10
Fosfato Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

**Fonte:** Adaptado de ANA, 2016.

**Nota:** \*Substituído por *E-coli* a partir de 2013.

A partir de 2013, o parâmetro Coliformes Termotolerantes foi substituído por *Escherichia coli* (IGAM, 2013), que será utilizado para o cálculo do IQA deste estudo. Ainda, como os valores do parâmetro fósforo total foram muito baixos em todos os pontos de coleta, o mesmo será utilizado no cálculo para expressar o valor do fosfato total, sem que ocorra o risco de superestimação dos resultados encontrados.

Os valores do IQA são classificados em faixas, conforme a Tabela 17. E as curvas médias de qualidade obtidas para os nove parâmetros encontram-se disponíveis em ANA, 2016.

Tabela 17 - Classificação do Índice de Qualidade da Água, segundo o IGAM.

<b>Faixas de IQA</b>	<b>Avaliação da Qualidade da Água</b>
$90 < IQA \leq 100$	Excelente
$70 < IQA \leq 90$	Boa
$25 < IQA \leq 50$	Média
$90 < IQA \leq 100$	Ruim
$IQA \leq 25$	Muito Ruim

**Fonte:** Adaptado de IGAM, 2012.

Para o cálculo do IQA foram analisados os pontos A1, açude e ponto mais à montante dentre os estudados, e dos pontos C4 e C5, pontos mais à jusante, a fim de se comparar os dois extremos.

### **4.2.3 Índice de Estado Trófico (IET)**

No IET, os resultados obtidos que correspondem ao fósforo, IET (PT), expressam o potencial de eutrofização do corpo d'água, uma vez que este nutriente atua como causador do processo (CETESB, 2007).

Como o método foi desenvolvido em ambientes de clima temperado, sua aplicação em regiões tropicais deve ser feita de forma cuidadosa (XAVIER, 2005). Sendo assim, utiliza-se uma adaptação para ambientes tropicais do índice adotado por *Carlson* em 1977. Método também utilizado pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (CETESB), em sua rede de monitoramento (BUCCI e OLIVEIRA, 2014).

Para o cálculo do IET foram utilizados os pontos A1, A4, C1, C2, C3, C4 e C5, para uma boa representação do grau de trofia do trecho estudado.

### **4.2.4 Qualidade da Água para Irrigação**

Foram utilizados os dados coletados nos pontos A1, C1, C3 e C5 na análise da qualidade da água para irrigação, considerando os parâmetros Cloretos (Cl<sup>-</sup>) Condutividade elétrica (CE), pH, Sais dissolvidos totais (SDT) e Sódio (Na<sup>+</sup>). Além disso, foi calculada a Razão de Adsorção de Sódio (RAS), que juntamente com a salinidade avaliarão o efeito da água de irrigação na capacidade de infiltração do solo. Onde as concentrações de Na, Ca e Mg estão em miliequivalente por litro.

Vale ressaltar ainda que os valores referentes à soma das concentrações de cálcio e magnésio foram estimados a partir dos resultados obtidos para o parâmetro dureza cálcio e magnésio, segundo metodologia estabelecida por APHA, 1998.

Para a interpretação dos dados, utilizaram-se as diretrizes de qualidade da água para irrigação de Ayers e Westcost (1999), conforme expressos na Tabela 18.

Tabela 18 – Critérios de avaliação da qualidade da água de irrigação.

Problemas e constituintes relacionados com	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Moderado	Severo
<b>Salinidade</b> (afeta a disponibilidade de água para as plantas)				
CE <sup>1</sup> da água de irrigação (CEai)	dS.m <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
SDT <sup>2</sup>	mg.L <sup>-1</sup>	< 450	450 a 2000	> 2000
<b>Capacidade de Infiltração do solo</b>				
RAS = 0 a 3 e Ceai		≥ 0,7	0,7 a 0,2	< 0,2
RAS = 3 a 6 e Ceai		≥ 1,2	1,2 a 0,3	< 0,3
RAS = 6 a 12 e Ceai		≥ 1,9	1,9 a 0,5	< 0,5
RAS = 12 a 20 e Ceai		≥ 2,9	2,9 a 1,3	< 1,3
RAS = 20 a 40 e Ceai		≥ 5,0	5,0 a 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade</b>				
Sódio (Na <sup>+</sup> )				
Irrigação por superfície	RAS	< 3,0	3,0 a 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão	mmol <sub>l</sub> .L <sup>-1</sup>	< 3,0	> 3,0	-
Cloro (Cl <sup>-</sup> )				
Irrigação por superfície	mmol <sub>l</sub> .L <sup>-1</sup>	< 4,0	4,0 a 10,0	> 10,0
Irrigação por aspersão	mmol <sub>l</sub> .L <sup>-1</sup>	< 3,0	> 3,0	-
<b>Miscelâneos</b>				
pH		Amplitude Normal de 6,5 a 8,4		

**Nota:** 1 – Condutividade Elétrica; 2 – Sólidos Dissolvidos Totais.

**Fonte:** Adaptado de Ayers e Westcost, apud Bernardo, Soares e Montavani (2005).

#### 4.3 Caracterização do Solo

As amostras de solo foram retiradas próximas aos pontos A1, A2, A4, C2, C3 e C5 de coleta de água, na camada de 0-0,20 m, a fim de se realizar a caracterização química deste, segundo métodos descritos em EMBRAPA (2011). Após coletadas, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, sendo em seguida levadas ao Laboratório de Fertilidade e Rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A caracterização química do solo incluiu pH em água, acidez trocável e potencial, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica efetiva (CTC<sub>f</sub>) e potencial (CTC<sub>T</sub>), soma de bases

(SB), saturação por alumínio (m), por bases (V) e sódio (ISNA), teores trocáveis de Ca, K, Mg e Na, e disponível de P.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização do solo

Na Tabela 19 apresenta-se a caracterização física e química de amostras de solo coletadas próximos aos pontos A1, A2, A4, C2, C3 E C5, na microbacia do córrego Água Comprida.

Tabela 19 - Caracterização física e química de amostras de solo coletado

Parâmetros	A1	A2	A4	C2	C3	C5
pH	6,67	5,96	7,08	6,49	6,41	5,96
P (mg dm <sup>-3</sup> )	34,8	31,3	170,8	449,4	36,7	31,3
K (mg dm <sup>-3</sup> )	122	179	261	251	30	179
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,10	3,95	8,27	6,97	6,90	3,95
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,68	0,95	2,02	1,73	0,98	2,33
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	3,3	2,0	3,5	3,0	2,8
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,09	5,36	10,96	9,34	7,96	12,25
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,09	5,36	10,96	9,34	7,96	12,25
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,59	8,66	12,96	10,96	10,96	15,05
V (%)	67,3	61,9	84,6	72,7	72,6	81,4
m (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MO (dag kg <sup>-1</sup> )	1,04	1,04	3,00	2,87	2,87	1,70
S (mg dm <sup>-3</sup> )	14,3	8,7	30,7	9,7	3,6	0,0
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,42	0,42	1,08	0,83	0,35	0,96
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2,26	2,70	7,12	9,92	5,36	7,48
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	27,5	45,0	134,7	45,2	80,3	89,0
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	73,3	618,9	167,4	262,6	438,6	100,6
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	3,92	9,55	28,40	35,60	11,44	48,80

H+Al – acidez potencial; SB – soma de bases; t – CTC efetiva; T – CTC potencial; V – índice de saturação por bases; m – índice de saturação por alumínio; MO – matéria orgânica

No geral todas as amostras indicam um solo fértil com altos teores de bases, CTC e conseqüentemente um elevado índice de saturação por bases (V>50%) e baixo índice de saturação por alumínio (m <15%). Destaca-se também o elevado teor de fósforo na área (P>30 mg dm<sup>-3</sup>), uma vez que os nossos solos são pobres em P disponíveis. Tal comportamento pode ser explicado por se tratar de uma área agrícola e que conta com adubação frequente, utilizando notadamente cama de frango. Observa-se ainda que as amostras coletadas dentro de área de produção (A4, C2 e C5) são aquelas que apresentaram maior fertilidade.

No entanto, observa-se também elevados concentrações de micronutrientes, tais como os metais, os teores de Ferro ( $> 45 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Manganês ( $> 12 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Cobre ( $> 1,8 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Zinco ( $> 2,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ) estão acima do limite muito crítico, de acordo com o manual de adubação de solos do estado de Minas Gerais (ALVAREZ V. *et al.*, 1999), tal comportamento pode causar danos à atividade agrícola e também ao meio físico ambiental. Os teores de Enxofre e Boro variam entre crítico e muito crítico (ALVAREZ V. *et al.*, 1999), o que também pode acarretar danos e à atividade agrícola e ao meio físico ambiental.

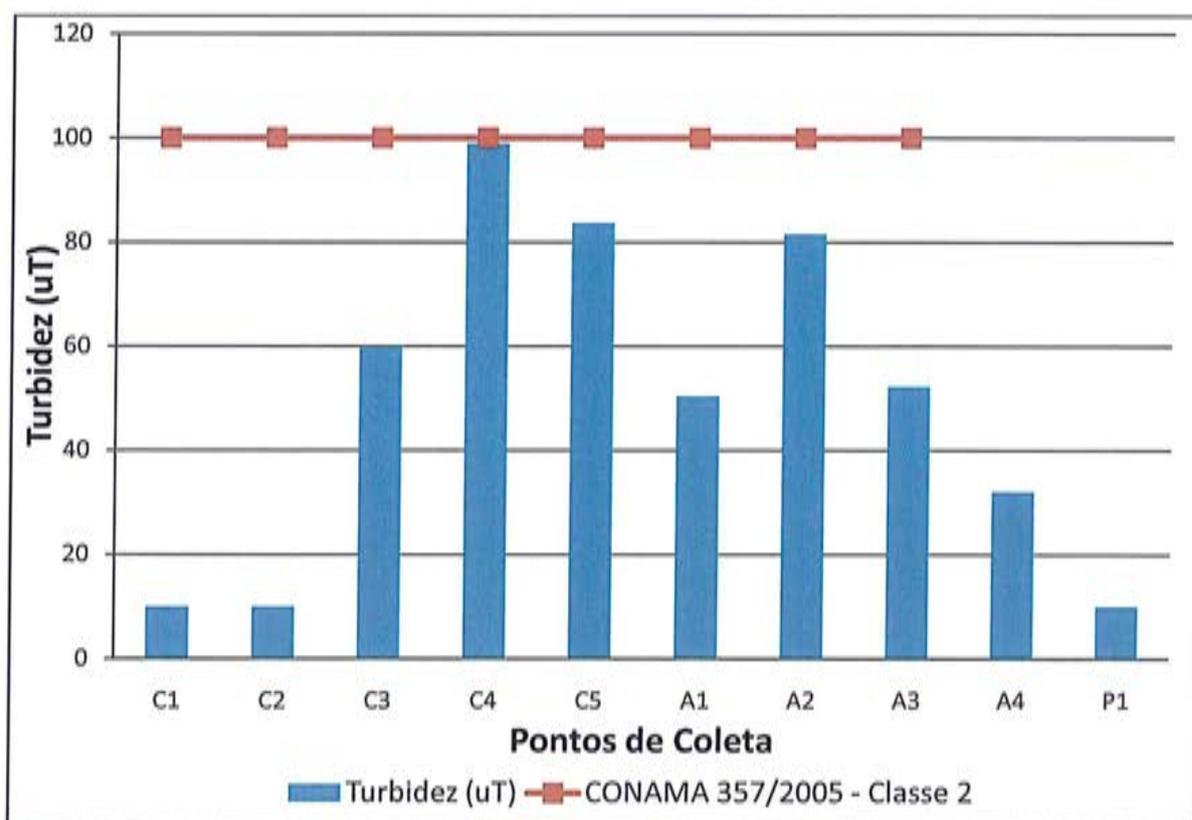
Os elevados teores de metais e micronutrientes podem estar associado ao uso da cama de frango na adubação do solo, uma vez que este resíduo é muito rico em ferro ( $1800 \text{ mg kg}^{-1}$ ), manganês ( $688 \text{ mg kg}^{-1}$ ), cobre ( $399 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e zinco ( $581 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (BRATTI, 2013 e FUKAYAMA, 2008). A dose e a frequência podem colaborar para o incremento considerável destes elementos no solo, sendo necessária a recomendação de adubação adequada para a área. Ressalta-se que no ponto A2 o teor de Ferro ( $618,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ) se apresentou muito alto e este valor pode explicado pelo fato da área ser encharcada e este elemento se apresentar predominantemente na sua forma reduzida e portanto não disponível e pouco móvel, o que colabora para maior concentração de ferro nesta área.

Por fim, evidencia-se que o manejo e cobertura do solo são de extrema importância para a qualidade da água superficial, pois a ocorrência de escoamento superficial pode carrear sedimentos ricos nos elementos supracitados e comprometer a característica do corpo hídrico bem como dos sedimentos de fundo do canal. Sendo assim, a adoção de medidas conservacionistas, tais como plantio em curva de nível, aração em curva, cordões vegetativos, adoção correta da irrigação, manutenção da mata de topo e ciliar são fundamentais para a redução do escoamento superficial e conseqüente carreamento de sedimentos.

## **5.2 Avaliação dos parâmetros de químicos, físicos e biológicos**

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece para a turbidez um limite de até  $100 \text{ U} \text{ T}$  para as águas classe 2, todos os locais amostrados encontram-se dentro dos limites estabelecidos, conforme figura 8.

Figura 8 - Gráfico de Turbidez dos pontos de coleta



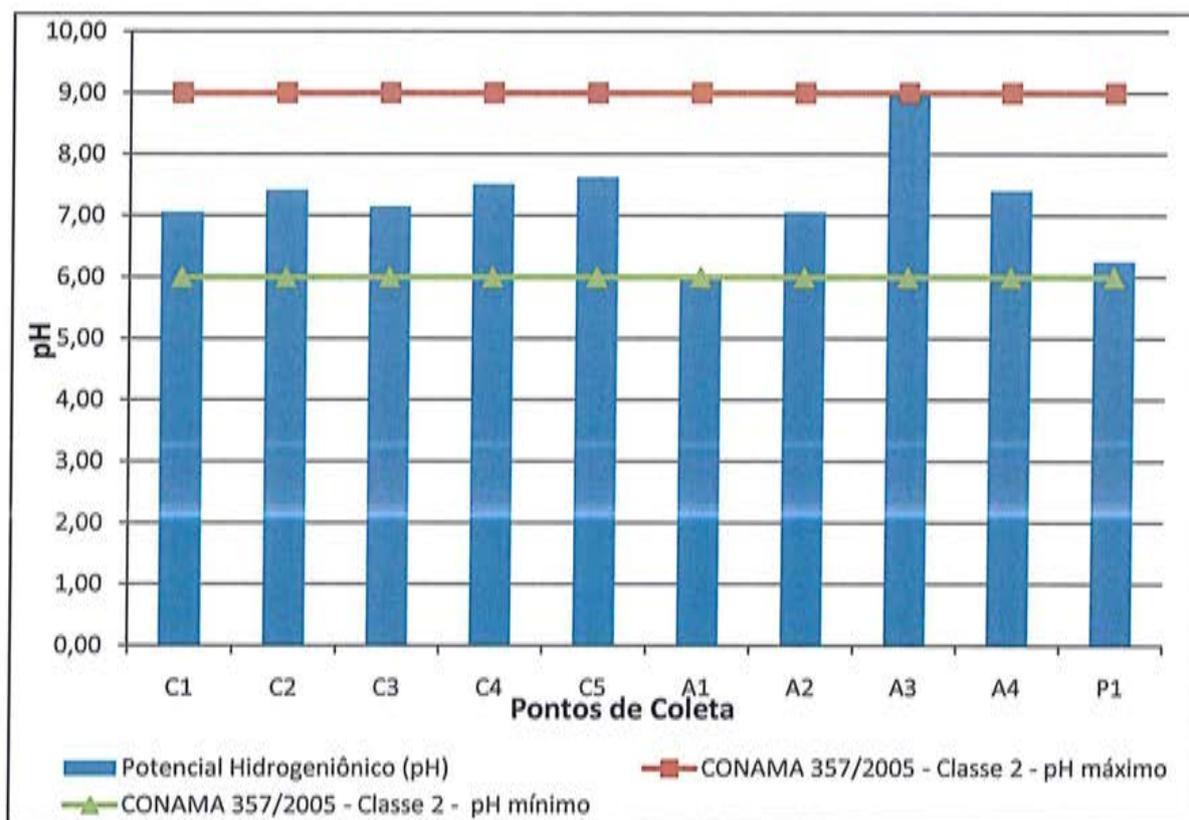
O ponto C4 é aquele que apresenta maior valor quando comparado aos outros locais analisados, segundo FLAUZINO, (2008), isso pode ser consequência direta do arraste dos sedimentos, como sólidos em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica e inorgânica, finamente divididas, organismos microscópicos e algas. A origem desses materiais pode ser o solo e o esgoto doméstico lançado no manancial sem tratamento. Esses materiais apresentam tamanhos diferentes, variando desde partículas maiores (1 mm), até as que permanecem em suspensão por muito tempo, como é o caso das partículas coloidais (diam.= $10^{-4}$  a  $10^{-6}$  cm). No ponto C4 é observado o lançamento de efluente doméstico sem qualquer tipo de tratamento, o que justifica o elevado valor.

COSTA e FERREIRA (2015) verificaram que no 4º trimestre de 2012 a porção mineira do Rio Paranaíba apresentou um aumento significativo da turbidez correlacionando com o mesmo período do aumento dos sólidos, comprovando a influência do preparo das terras para o plantio de verão e do período de chuvas.

Segundo LIBÂNO (2005), a turbidez natural das águas geralmente compreende uma faixa de 3 a 500 uT. A Resolução 357/2005 do CONAMA, preconiza valor máximo para turbidez de 100 NTU e, para fins de potabilidade, a Portaria n.º 518/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, estabelece que a turbidez não ultrapasse 5uT. Assim, os pontos avaliados em decorrência do período de estudo, estão dentro da limitação exigida pelo CONAMA 357/2005 indicando uma boa qualidade da água do recurso hídrico em estudo para esse parâmetro.

Os valores médios de pH (figura 8) em quase todos os pontos amostrados durante o período de estudo ficaram próximos da neutralidade, ou seja, pH 7,0. Os menores valores registrados ocorreram nos pontos A1 e P1 (6,25 e 5,96, respectivamente) e o ponto A3 apresentou o valor mais alto (9,01).

Figura 9 – Gráfico da média do pH dos pontos de coleta

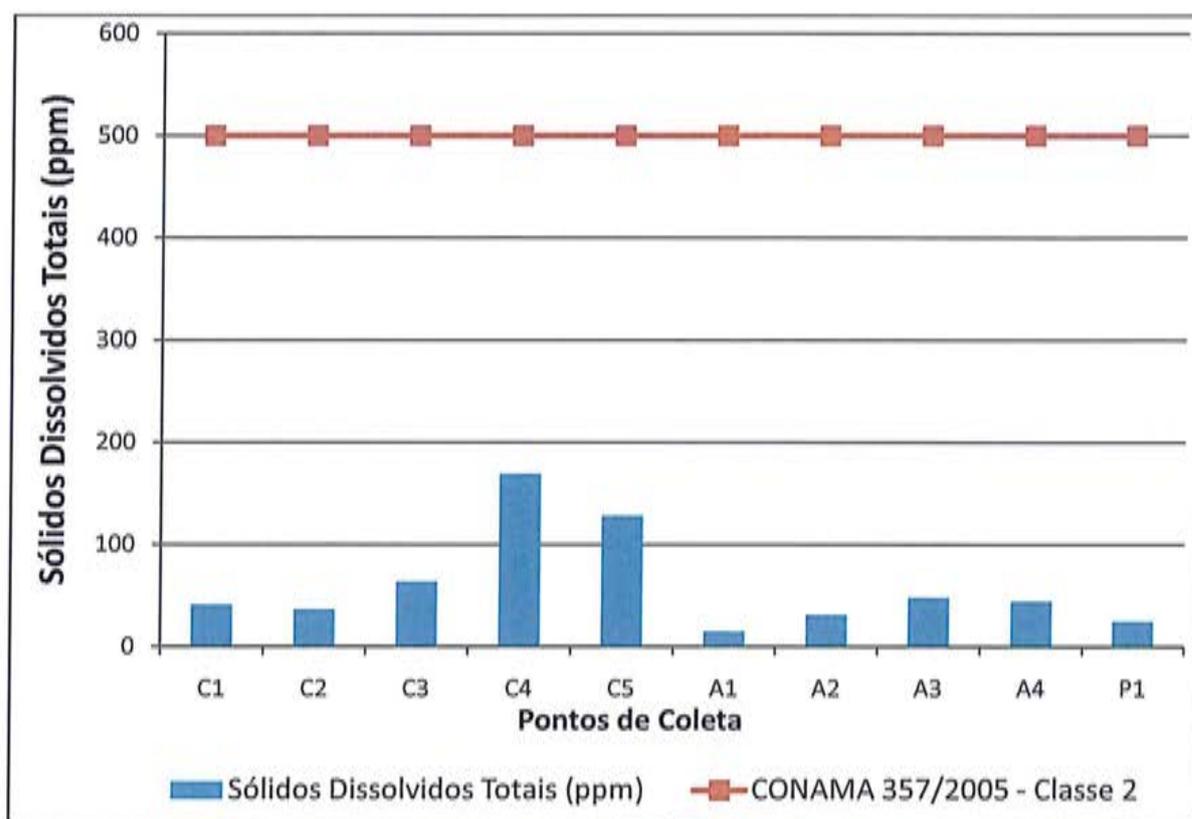


Baseado em BAIRD e CANN (2011) o pH pode refletir o tipo de solo por onde a água percorre. LIBÂNIO (2005), complementa ao dizer que o pH é dependente tanto da origem como das próprias características do recurso hídrico (geologia, solo, clima, fotossíntese, dissolução de rochas), além de ações de caráter antropogênicas pela introdução de resíduos. Em suma, alterações de pH podem afetar diretamente e/ou indiretamente a fisiologia das diversas espécies. Portanto, a pequena variação de pH entre cada local de coleta, indicaram que o afluente estudado possui pouca ou nenhuma influência sobre este parâmetro e, que todos os valores registrados durante o período de estudo estão em sua conformidade e, se enquadram na Resolução 357/2005 do CONAMA (pH entre 6,0 e 9,0) e com a Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde (pH entre 6,0 e 9,5).

PEREIRA-SILVA *et al.* (2011), verificaram que o pH de três córregos localizados em Luiz Antônio / SP, tanto a jusante quanto a montante, não foram significativamente diferentes, estando isso relacionado com a própria condição do solo do local.

A Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece como padrão de qualidade valores máximos permitidos para STD em águas doce, considerando as três Classes, de até 500 mgL<sup>-1</sup> e, em comparação a Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece valor máximo de 1000 mg L<sup>-1</sup> de STD para águas de consumo humano. Em suma, todas as concentrações obtidas no intervalo de estudo ficaram abaixo do teor exigido pela legislação brasileira conforme figura 10.

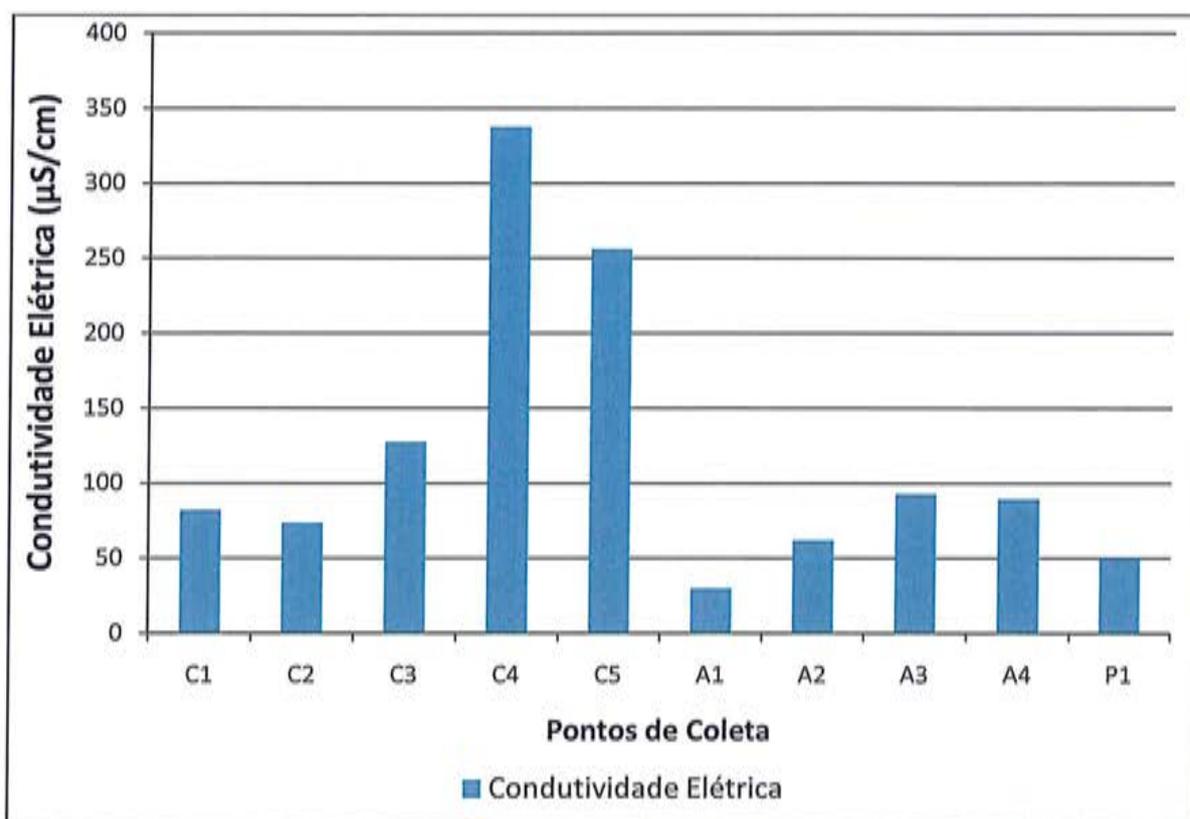
Figura 10 - Gráfico dos Sólidos Totais Dissolvidos nos pontos de coleta



A presença de sólidos em um ambiente aquático se deve a fatores naturais, como também através dos processos de lixiviação e erosão, da presença de organismos e detritos orgânicos, ou ainda por meio de atividades antrópicas, resultado do lançamento de lixo e esgotos (GONÇALVES, 2013).

Segundo TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI (2008) os sólidos totais dissolvidos (STD) incluem todos os sais presentes na água e os componentes não iônicos; compostos orgânicos dissolvidos contribuem para os sólidos totais dissolvidos. O valor de sólidos totais dissolvidos tem correlação direta e proporcional com a condutividade elétrica (CE) devido à concentração de íons presente nas amostras (Figura 11). A correlação detectada entre a CE e o STD da água nos pontos analisados deve-se ao nível de solubilidade de sais e outros compostos encontrados.

Figura 11- Gráfico da Condutividade elétrica dos pontos de coleta

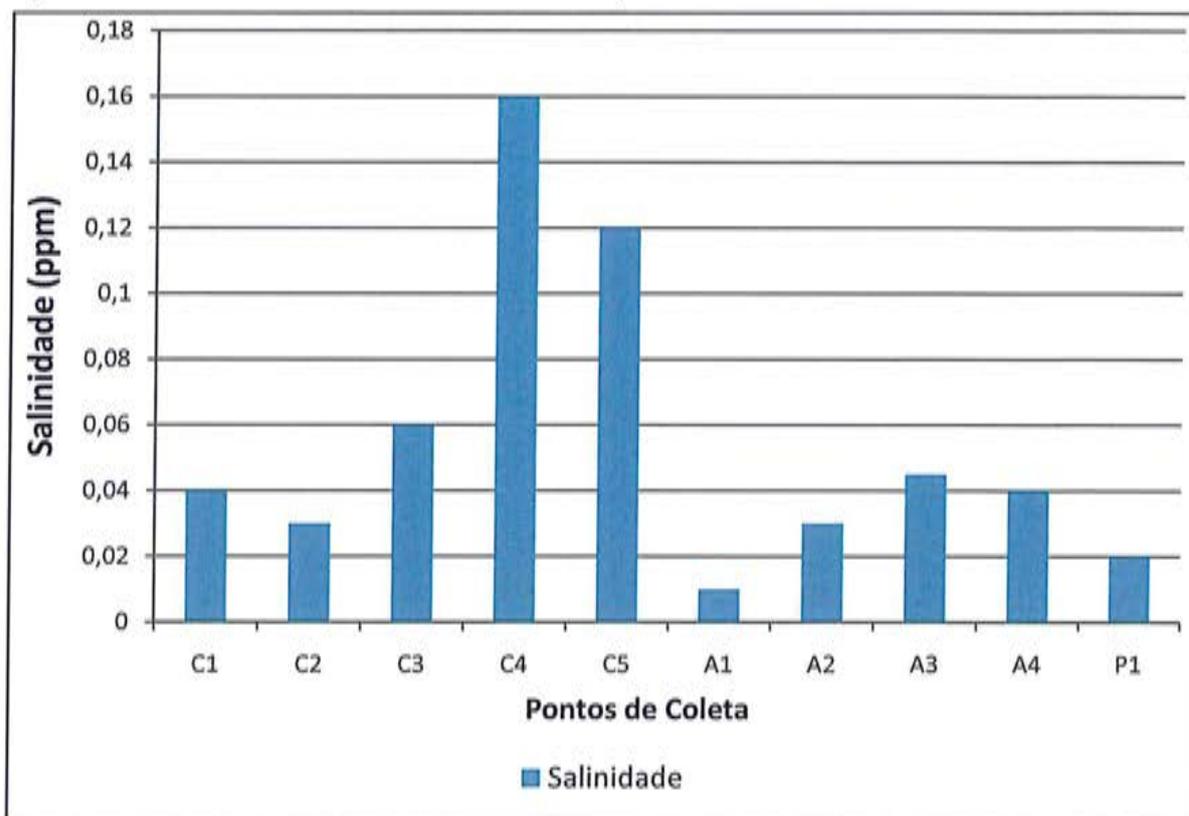


O comportamento similar entre os parâmetros CE e STD pode estar associado ao processo de erosão natural do solo, intemperismo das rochas, além do recebimento de efluentes principalmente decorrentes das chuvas que antecederam as coletas, a qual provoca o carregamento superficial de poluentes para o curso d'água contribuindo para a dissolução da carga poluidora. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados à água, maior será o valor da condutividade (PAIVA e SOUZA, 2010).

De acordo com PEREIRA-SILVA (2011), a medida da condutividade pode auxiliar na identificação de fontes poluidoras em ambientes aquáticos e ainda permitir identificar fontes pontuais no sistema natural onde o processo eventualmente pode se acentuar.

Para se enquadrar como água doce classe 2, a resolução CONAMA 357/05, determina que a salinidade deve ser de até 0,5%. As amostras coletadas foram todas classificadas como água doce conforme os valores apresentados na figura 12.

Figura 12 - Gráfico da média da salinidade dos pontos de coleta

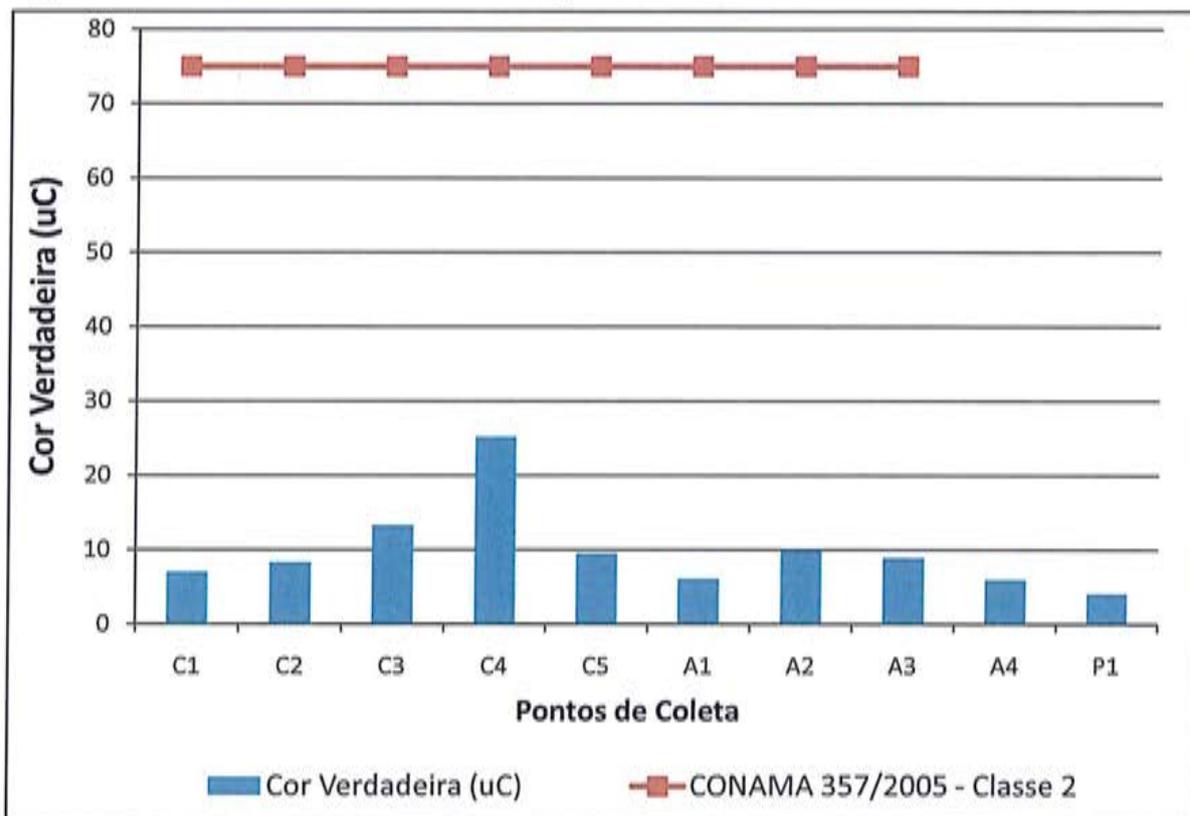


ANDRADE *et al.*(2007), em estudo realizado na bacia do Rio Aracaju, Observaram que o aumento do nitrato influencia o aumento da CE, devido a sua natureza salina. O mesmo foi observado neste trabalho, onde os pontos que recebem maior quantidade de efluentes domésticos apresentaram aumento do nitrato e dos sólidos e consequentemente da CE. O ponto C4 foi o que apresentou maior quantidade de STD e CE. Sendo a CE um indicador de salinidade, este também foi o ponto que apresentou maior salinidade entre os pontos amostrais. Estes valores mais elevados neste ponto se devem ao intenso lançamento de efluentes neste local, sendo este o ponto amostral mais urbanizado.

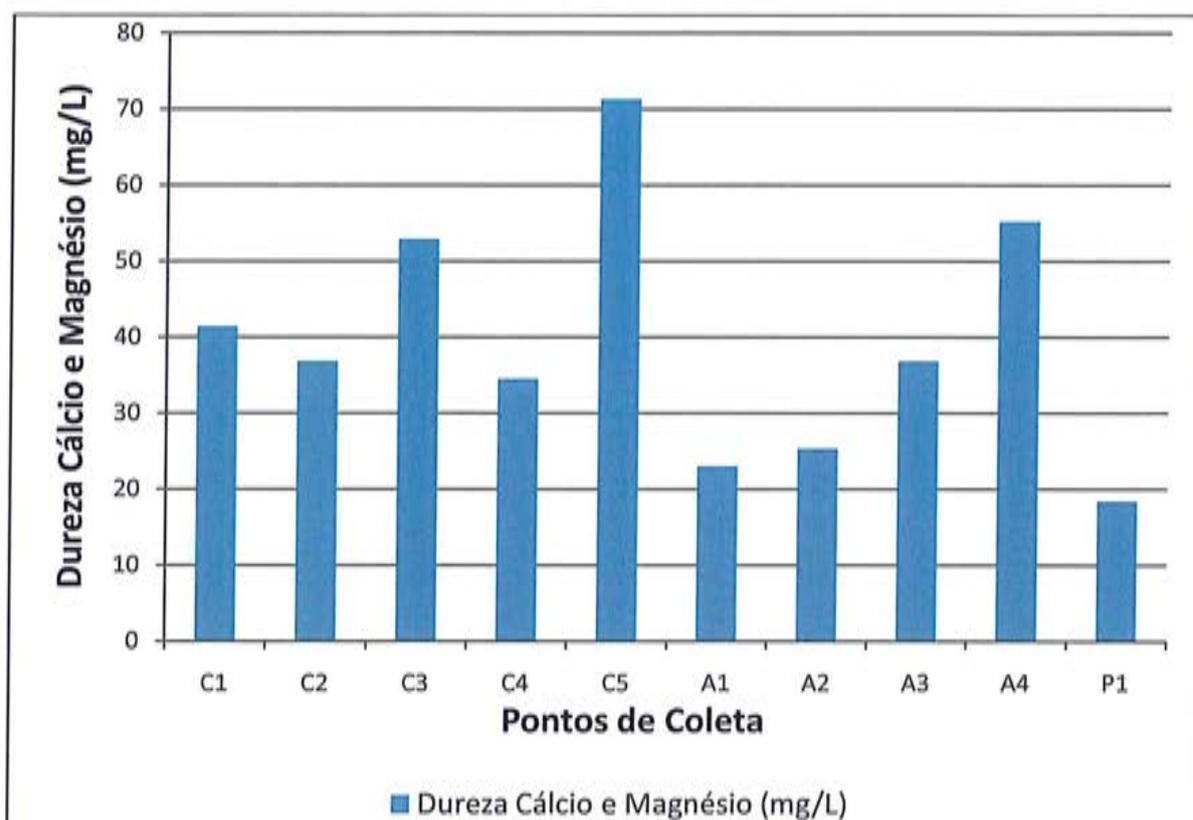
A presença de cor na água pode ser resultado de resíduos de origem mineral ou vegetal, causada por substâncias como ferro ou manganês, matérias húmicas, taninos, algas, plantas aquáticas e protozoários, ou por resíduos orgânicos ou inorgânicos (FUNASA, 2006).

A Resolução CONAMA 357/05 determina que a cor verdadeira deve ser de até 75 mg Pt/L. Os valores encontrados nas amostras coletadas encontram-se todas dentro desse limite conforme apresentado na figura 13.

Figura 13- Gráfico da Cor Verdadeira dos pontos de coleta



A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio. A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para dureza o teor de 500 mg/L em termos de  $\text{CaCO}_3$  como o valor máximo permitido para água potável. Todas as amostras apresentaram valores dentro do limite estabelecido, conforme figura 14.



As águas superficiais no Brasil apresentam, em sua grande porção, características brandas ou moderadamente duras, não ultrapassando  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (LIBÂNIO, 2005). A Resolução 357/2005 do CONAMA não referencia este parâmetro.

Segundo ALVES *et al.* (2008), no Brasil são encontrados, com frequência, águas que apresentam elevados teores de ferro total. A presença de ferro na água para irrigação pode provocar sérios problemas de entupimento, favorecendo o desenvolvimento de ferrobacterias. A resolução CONAMA 357/05 determina que a quantidade de ferro dissolvido deve ser de até  $0,3 \text{ mg/L Fe}$ . Todas as amostras apresentaram valores acima do estabelecido, conforme figura 15. Isso se deve a presença de altas quantidades de ferro no solo que é drenado para o córrego.

Figura 14 - Gráfico da dureza do Cálcio e Magnésio dos pontos de coleta

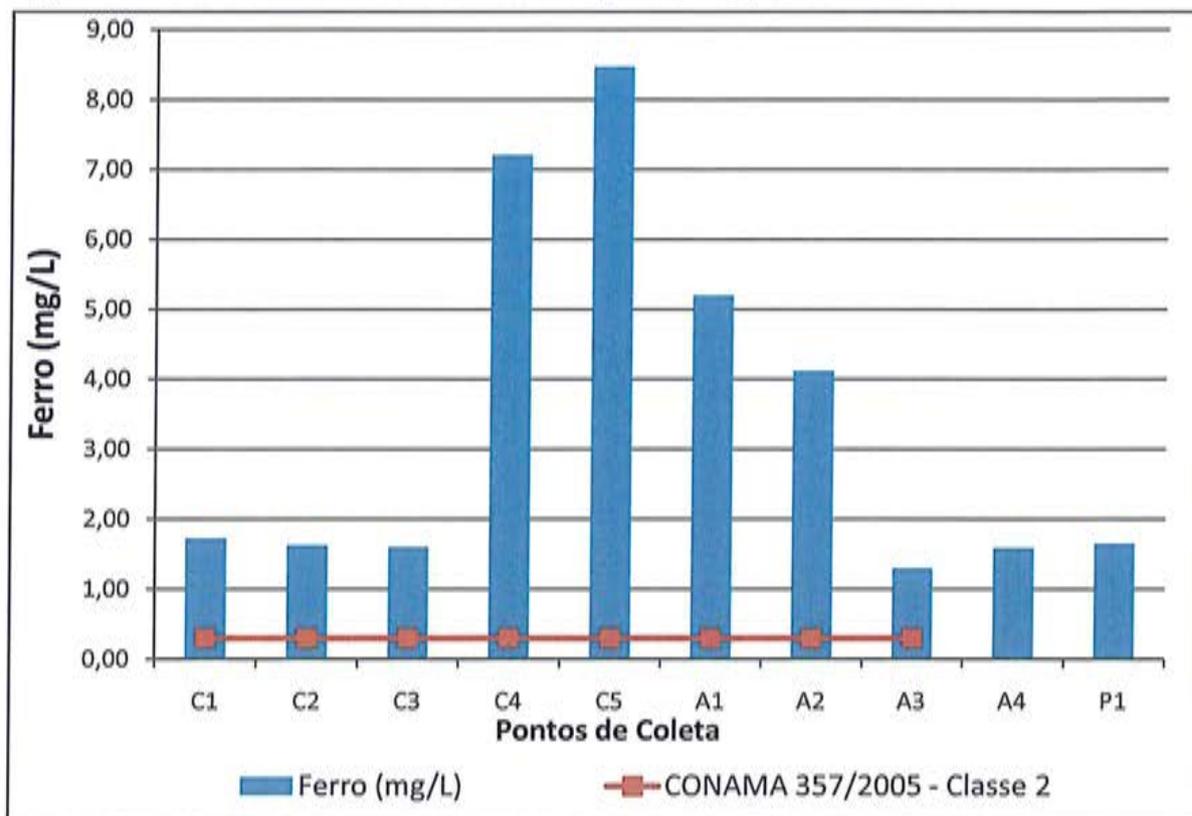


Figura 15 - Gráfico do ferro dissolvido nos pontos de coleta

Estes valores podem ser explicados por se tratar de um local de intensa atividade agrícola com constante correção do solo, uso de fertilizantes e agrotóxicos, que podem conter Fe em sua composição. Baseado em JÚNIOR *et al* (2008), tal aumento está provavelmente relacionado ao processo de lixiviação e, posterior, escoamento superficial de áreas agrícolas contendo resíduos que contenha Fe em suas composições. O processo provoca a posterior acumulação desses materiais no sedimento. O elemento Fe se faz muito presente em suplementos minerais para bovinos. Além disso, outro fator essencialmente contribuidor é sua presença natural no solo, exercendo certa influência e contribuição nas concentrações das águas superficiais. Pois, como expõe LIBÂNIO (2005), o componente Fe tem sua origem provocada essencialmente por dissolução provinda de compostos minerais de rochas e solos. Já FARIAS (2006) afirma que a fonte natural de Fe para o ambiente aquático é proveniente tanto do intemperismo das rochas compostas pela bacia de drenagem como pela erosão de solos ricos por esse elemento.

De acordo com a resolução 357/05 do CONAMA, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de esgotos, sendo os valores permitidos definidos de acordo com o pH. Define-se um limite de até 3,7mg/L N, para  $\text{pH} \leq 7,5$ . A

única amostra que apresentou nitrogênio amoniacal foi a amostra C3, com 0,3461 mg/L N e pH de 7,1.

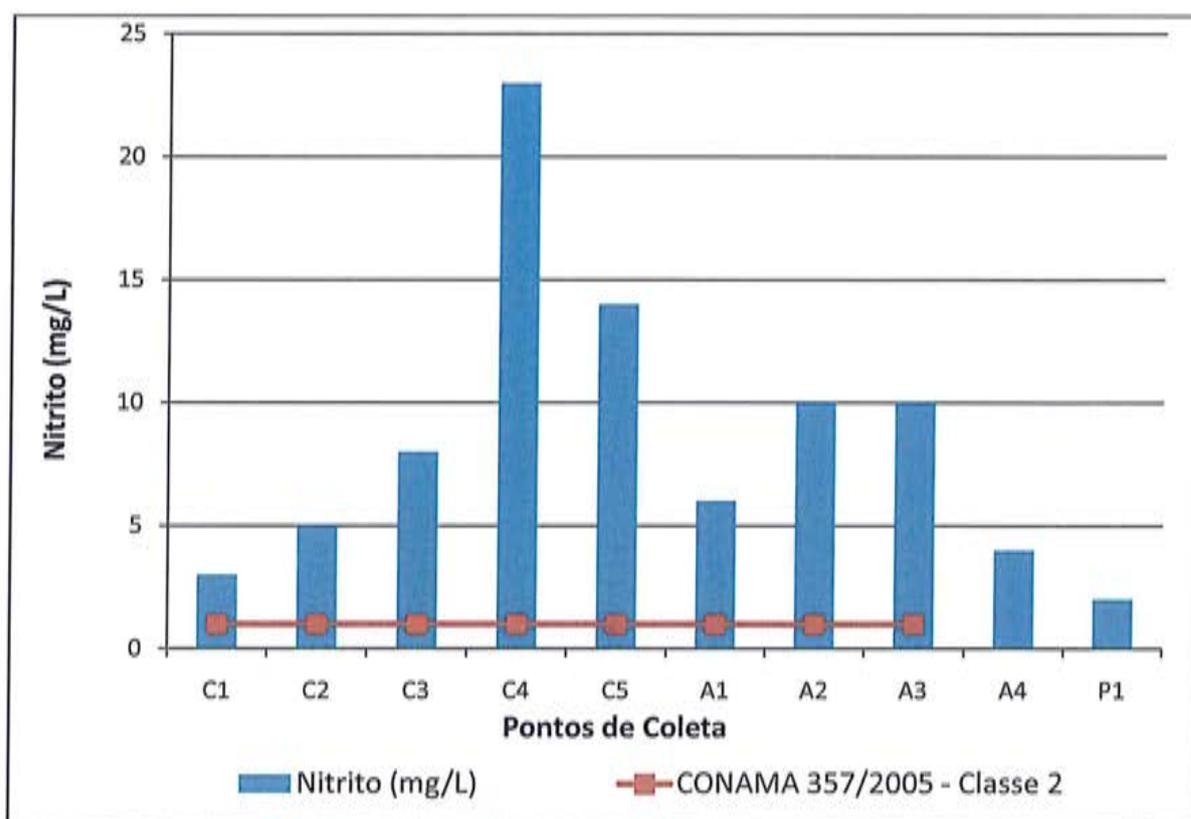
O nitrato alcançou o padrão de potabilidade, sendo 10 mg N-NO<sub>3</sub>/L o valor máximo permitido pela Portaria 518/2000 do Ministério da Saúde e também na resolução CONAMA 357/05. Pode ser entendido como um contaminante que pode se apresentar nas águas naturais sem ter sido introduzido diretamente, decorrendo do processo de decomposição biológica da matéria orgânica nitrogenada. Todas as amostras apresentaram valores de nitrato dentro dos padrões estabelecidos, conforme tabela 20. No ponto C4 observa-se o maior teor de nitrato observado (7,5 mg/L), tal comportamento está associado ao lançamento de efluente doméstico neste ponto.

Tabela 20 – Teor de nitrato nas amostras coletadas

Ponto de coleta	Teor de nitrato (mg/L)
A1	3,2
A2	3,8
A3	2,8
A4	3,0
C1	1,6
C2	2,7
C3	2,8
C4	7,5
C5	3,3
P1	2,8

A resolução CONAMA 357/05 determina que o volume máximo de nitrito deve ser de até 1,0 mg/L N. Todas as amostras apresentaram valores acima do limite estabelecido, conforme figura 16.

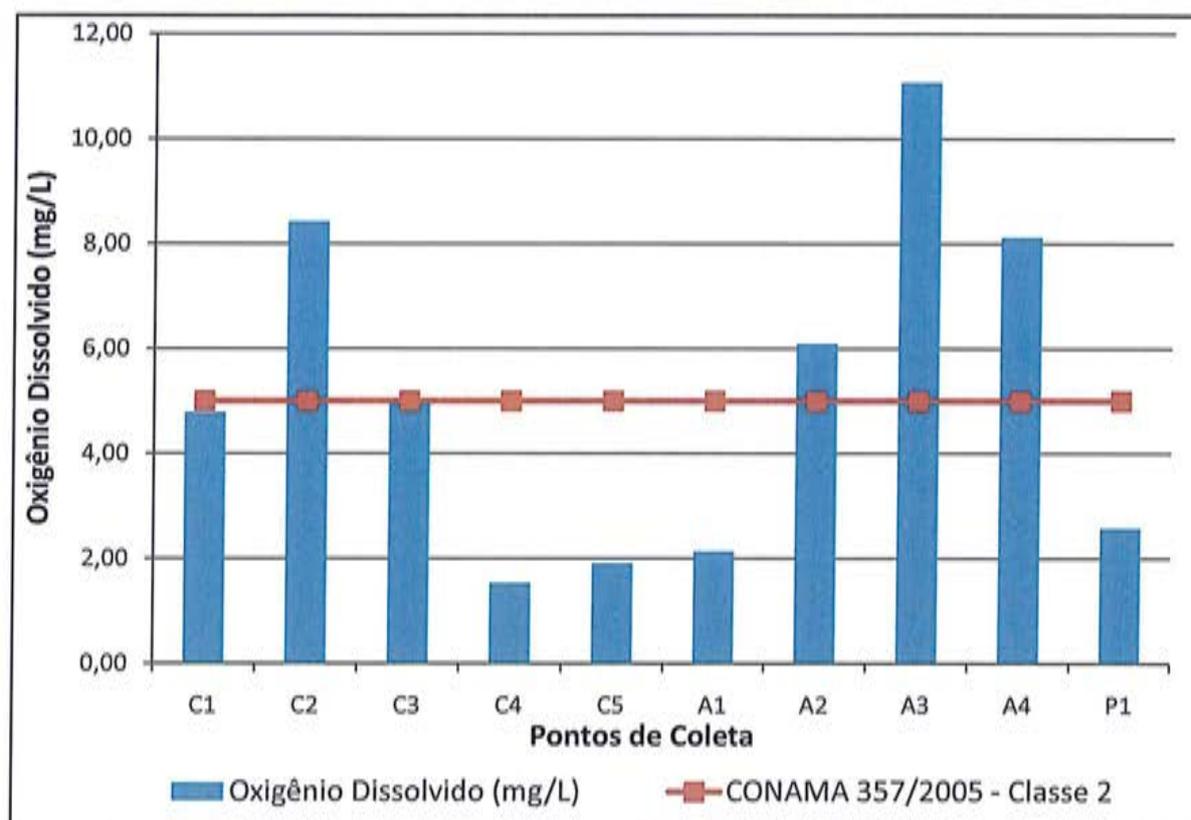
Figura 16 - Gráfico do nitrito nos pontos de coleta



COLLETI *et al.* (2009), observaram uma correlação direta entre o nitrito, o nitrato e o nitrogênio amoniacal, onde foi observado um nível de variação correlacionada de  $\cong 5\%$ , evidenciando a dependência entre as variáveis. A presença de compostos nitrogenados na água foi associada à lixiviação do solo, ao lançamento de despejos e drenagem de áreas agrícolas, fertilizantes, excrementos de animais e esgotos domésticos e industriais.

A resolução CONAMA 357/05 diz que o valor de oxigênio dissolvido (OD) não deve ser inferior que 5 mg/L O<sub>2</sub>, em qualquer amostra. As amostras C5, C4 e C1 possuem baixo valor de OD pelo lançamento de efluente doméstico sem o devido tratamento, já os pontos P1 e A1 estão associados a locais onde ocorre a surgência de águas subterrâneas que naturalmente possui baixo teor de OD. Na figura 17 apresenta-se os teores de OD dos pontos amostrados.

Figura 17– Gráfico de Média de Oxigênio Dissolvido



De acordo com a ANA, 2017, águas poluídas possuem baixa concentração de OD devido ao processo de decomposição da matéria orgânica e as águas eutrofizadas podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, situação conhecida como supersaturação devido ao crescimento excessivo de algas.

Os processos oxidativos, dentre estes ocupam lugar preponderante os respiratórios, podem causar um grande consumo de oxigênio nas águas de um manancial. Microrganismo e vegetais heterótrofos, quando em grande número podem reduzir o OD. Sendo que a proliferação de tais organismos depende das fontes de alimento, ou seja, matéria orgânica (EPAMIG, 2007).

A resolução CONAMA357/05 limita que a DBO 5 deve ser de até 5 mg/L O<sup>2</sup>. Foram analisadas a DBO 5 das amostras A3, C1, C2, C3, C4 e C5. As amostras C3, C4 e C5 apresentaram valores acima do estabelecido, conforme demonstrado na Tabela 21. Valores condizentes com locais com algum tipo de descarga de esgoto.

Tabela 21 – Concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos pontos amostrados

Pontos de Coleta	DBO (mg/L)
A3	1,92
C1	0,62
C2	0,07
C3	5,55
C4	31,87
C5	9,30

Para VON SPERLING (2005), a DBO é um dos parâmetros mais importantes para identificar o grau de poluição de um corpo d'água, representando indiretamente o teor de matéria orgânica, indicando o potencial de OD.

BENETTI (2005), afirma que águas que apresentam DBO maior que 10 mg/L podem gerar a diminuição e até a eliminação do oxigênio presente nas águas, gerando alterações substanciais no ecossistema. Nessas condições, pode-se ocorrer eutrofização e até a extinção da vida aeróbica. Essa afirmativa foi observada neste estudo, onde o ponto C4 foi onde a DBO foi mais alta e também o que apresentou OD mais baixo, sendo um local que recebe grande quantidade de efluentes o aumento da DBO e queda da OD se deve ao processo de decomposição da matéria orgânica.

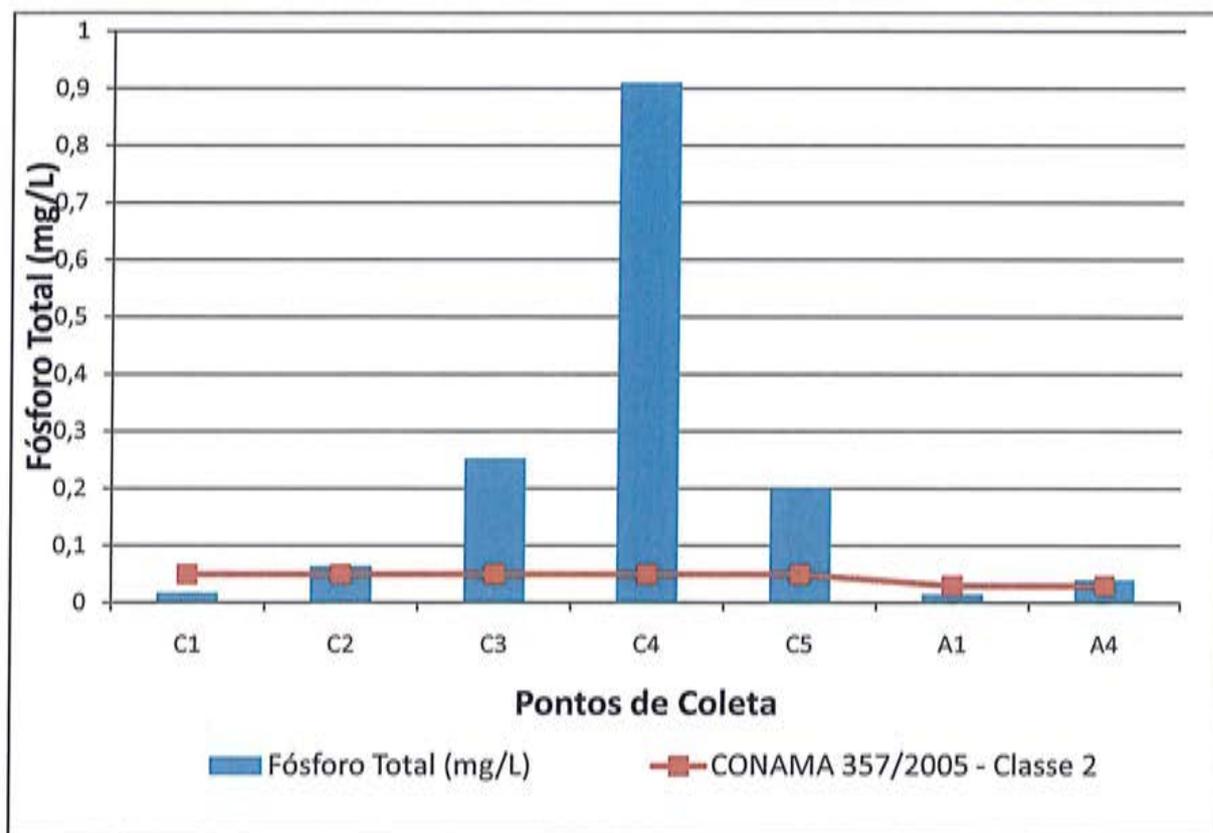
BARROS e SOUZA (2010), em um estudo realizado no córrego André, em Mirassol D'oeste/MT, observaram que as DBO de alguns pontos analisados estiveram fora dos padrões de referencia e também associaram tais valores a cargas de efluentes e a baixa vazão do córrego que influenciou na diminuição da atividade auto depurativa. O mesmo pode ser observado no córrego Água Comprida onde os pontos C4 e C5 apresentaram aumento da DBO conforme o aumento de efluentes.

PONTES *et al.* (2012), observaram em estudo realizado no córrego Banguelo/ MG, que todos os pontos de amostragem apresentaram DBO5 acima do padrão máximo de 5 mg L<sup>-1</sup> tanto no período seco quanto no período chuvoso e , associaram estes resultados á contaminação proveniente de escoamento, drenagem e lançamento de efluentes industriais e domésticos.

A resolução CONAMA 357/05 estabelece para o fósforo total até 0,03mg/L, em ambientes lânticos e até 0,05 mg/L, em ambientes intermediários. As amostras C2, C3, C4 e C5 apresentaram valores superiores ao limite estabelecido, conforme figura 18. Valores

explicáveis devido à drenagem pluvial de áreas agricultáveis e as cargas veiculadas pelos esgotos.

Figura 18- Gráfico do Fósforo Total nos pontos de coleta



KLEIN e AGNE(2012)afirmam que quando os solos são cultivados o ciclo biogeoquímico do fósforo é alterado, pois há adição de elementos como as adubações, e remoção quando da colheita ou ocorrência de erosão ou percolação. Da mesma forma, SILVA e SOUZA (2013), ao estudarem a qualidade da água do Rio Carmo/RN, associaram a presença elevada de fósforo principalmente as águas drenadas de áreas agrícolas, devido a presença de fertilizantes, pesticidas e químicos em geral.

MORETTO (2011), verificou que as águas do Rio Pardo/ RS, foram classificadas como Classe 4, de acordo com Resolução Conama 357/05, devido a quantidade de fosfato que apresentou-se acima de  $0,15\text{mg. L}^{-1}$  em 87,5% dos pontos amostrais, assim permanecendo durante todo o ano de 2012.

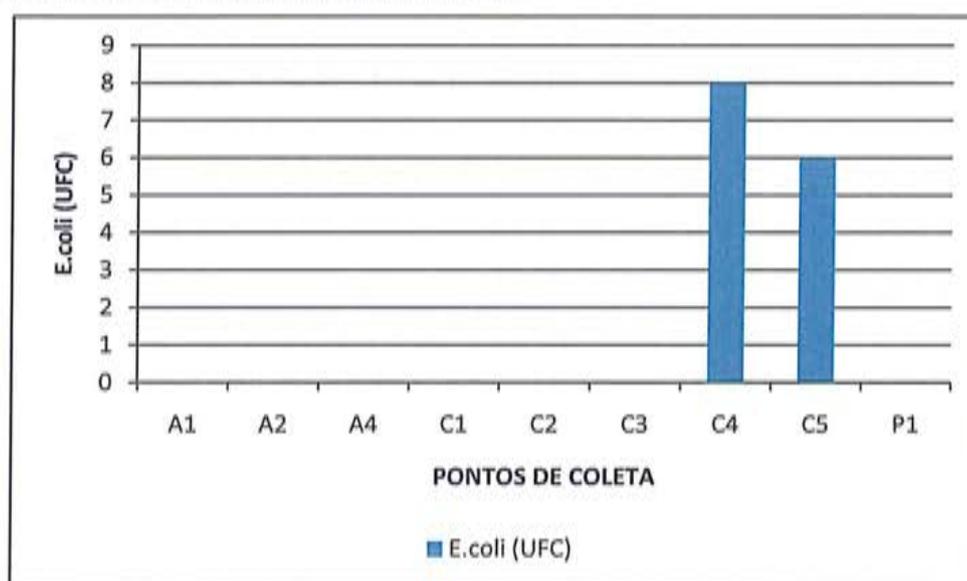
O P em excesso no ambiente pode provocar diversos impactos negativos, com especial referência à qualidade das águas. A legislação brasileira não reconhece o P como

contaminante do solo, reforçando a percepção do agricultor de que a adubação fosfatada deve obedecer a critérios produtivos e econômicos, não ambientais (GEBLER *et al.*, 2012).

A resolução CONAMA 357/05 diz que a quantidade de coliformes termotolerantes em águas destinadas a recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. De acordo com a resolução CONAMA 274/00 as águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado obtiver na última amostragem valor superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros.

Todos os pontos de coleta apresentaram quantidades toleráveis de *E. coli*, sendo consideradas excelentes por apresentarem menos de 2000 UFC/100ml, somente as amostras C3 e C4 apresentaram *E. coli*, conforme figura 19.

Figura 19- Gráfico de *E. coli* nos pontos de coleta



PONTES *et al.* (2012), observaram em estudo na bacia do córrego Bom Jesus/MG, que dos nove pontos de amostragem apenas um ponto, que recebe efluente industrial, e dois pontos localizados próximos a áreas urbanizadas, apresentaram coliformes termotolerantes fora do limite máximo estabelecido.

### 5.3 Avaliação da presença de glifosato nos corpos d'água

A resolução CONAMA 357/05 determina para o glifosato um limite máximo de 65µg/L. Todas as amostras analisadas (A3, C1, C3, C5 e P1) apresentaram valores abaixo do estabelecido, conforme tabela 22.

Tabela 22 – Teor de glifosato em manancias na microbacia do córrego Água Comprida

Glifosato	
Ponto	Resultado (µg/L)
P1	< 60.0
A3	< 60.0
C6	< 60.0
C3	< 60.0
C5	< 60.0

O herbicida glifosato (N-(fosfonometil) glicina), não seletivo, sistêmico, pós-emergente, representa 60% do mercado mundial de herbicidas não seletivos. A aplicação de glifosato pode resultar na presença de resíduos tanto na colheita quanto em animais usados na alimentação humana. No ambiente, as concentrações mais altas de ambos os compostos foram encontradas no solo (AMARANTE JR. *et al*, 2002).

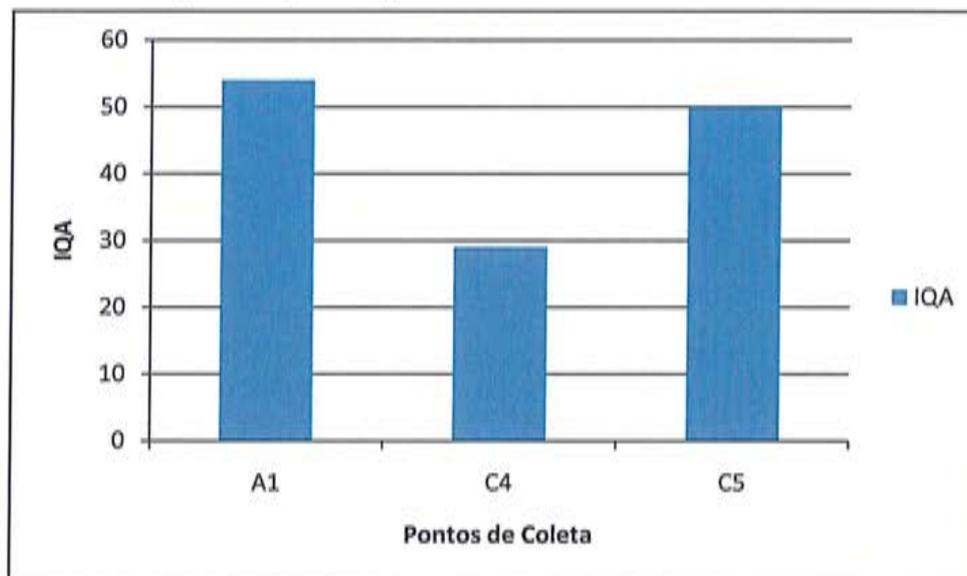
ARMAS *et al.* (2005), avaliando o consumo total de agrotóxicos do rio Corumbaté, observou que o glifosato representou o primeiro lugar dos produtos utilizados. Tendo ocupado o 1º lugar em volume de aplicação e o 5º lugar em frequência. O glifosato, considerado não móvel, apresentou ainda tendência de lixiviação à medida que seu valor aumentava, em virtude de sua alta solubilidade.

#### 5.4 Índice de qualidade da água (IQA)

O IQA foi calculado utilizando o *software Qualigraf*. Este programa calcula o IQA-CETESP e o IQA-IGAN. O IQA-IGAM substitui o nitrogênio total pelo nitrato para o cálculo, não alterando em nada a classificação do corpo d'água. Devido a uma limitação laboratorial, não foi possível determinar a concentração de nitrogênio total nas amostras. Optou-se determinar a concentração de nitrato, considerando que este composto é regulamentado pela Resolução Conama 357/05 para o enquadramento dos corpos d'água.

Foram calculados os IQAs dos pontos A1, C4 e C5. O pontos C4 foi considerado ruim e A1 e C5 foram considerados médios, conforme figura 20.

Figura 20 – Classificação do IQA dos pontos de coleta

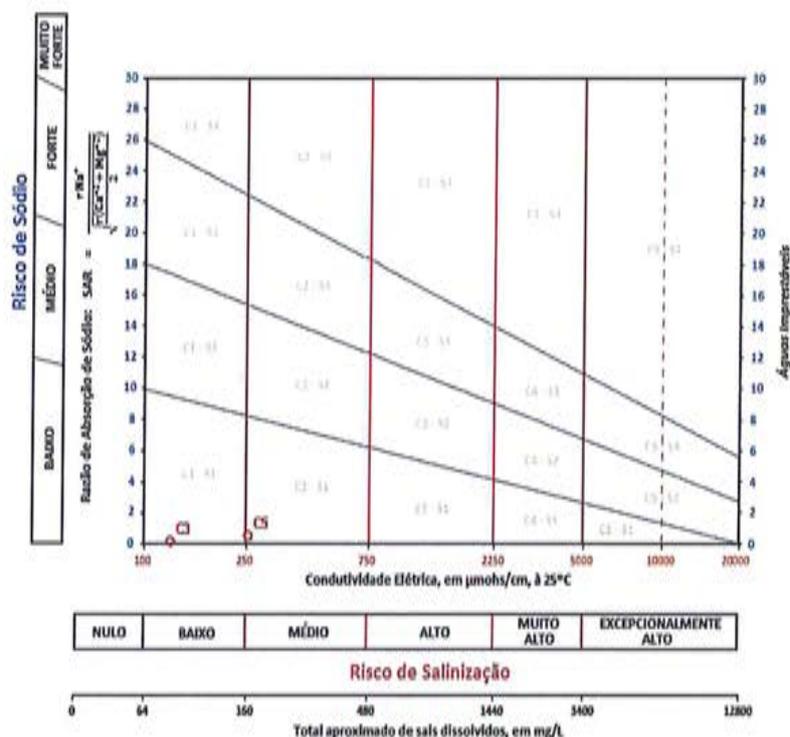


SILVA e SOUZA (2013) em estudo sobre o IQA do Rio Carmo utilizaram parâmetros microbiológicos, físicos e químicos e observaram que a qualidade da água do Rio Carmo nos pontos monitorados apresentou uma queda relacionada à quantidade de coliformes termotolerantes e fósforo à medida que seguia o curso do rio no sentido nascente-foz, sendo este resultado consequência do crescimento da urbanização e do lançamento de efluentes neste mesmo sentido. No estudo do córrego Água Comprida a qualidade da água também apresentou queda nos locais que apresentaram E.coli e de DBO alta, sendo estas variáveis influenciadas pelos efluentes domésticos.

### 5.5 Qualidade da água para Irrigação

Foram calculados a RAS dos pontos C1, C3, C5 e A3. Para o cálculo foi utilizado o *software qualigraf* que calcula e classifica a RAS associativamente com a CE. O pH e a salinidade apresentaram-se dentro dos valores estabelecidos pelo Conama 357/05 não havendo portanto restrição ao uso de acordo com esses parâmetros. Para todos os pontos analisados a RAS não representou risco de comprometer a estruturado solo local, conforme mostrado na figura 21. Nos pontos A3 e C1 o valor da RAS calculada foi considerado nulo.

Figura 21 - Gráfico do software Qualigraf da RAS dos pontos amostrais



Fonte: Software Qualigraf

Segundo ANDRADE *et al.* (2009), identificaram que uma precipitação de 400mm ano-1 é suficiente para promover a lixiviação dos sais adicionados ao solo pela prática da irrigação e que em regiões onde a precipitação total anual é superior a 800mm ano-1, a lixiviação dos sais passa a ser determinada pela textura e estrutura do solo. Já nas áreas irrigadas do Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi (DIJA) localizado no Baixo Jaguaribe (CE), o acúmulo de sais no perfil do solo ocorre, mesmo em precipitações anuais superiores a 750mm ano -1.

OLIVEIRA *et al.* (2010) em estudo realizado na bacia do Rio Salitre observaram que quatro pontos amostrais próximos as nascentes apresentaram salinidade abaixo ou muito próximo de 0,5%. E dois pontos a jusante apresentaram valores próximos a uma água doce (0,66 e 0,59%), onde associaram essa pequena alteração á localização da amostragem próximos a áreas agricultáveis.

Estudos realizados por MEDEIROS *et al* (2000), com o híbrido de melão amarelo *Gold mine*, mostraram que a aplicação de água com condutividade elétrica (CE) de 2650µS/cm-1 reduziu a produtividade da cultura em 27% e o número de frutos em 19% em relação à irrigação com água com condutividade elétrica de 550µS/cm-1. Sendo a maior CE, apresentada nos pontos de coleta deste estudo, de 337,5 µS/cm-1, a mesma não apresenta potencial de prejudicar o desenvolvimento das hortaliças.

O ferro apresentou valores acima do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, os pontos A1, C4 e C5 merecem maior atenção quanto ao potencial de danos dos sistemas de irrigação do local. BARBOZA et al.(2011) afirmam que águas com concentrações maiores que 0,5 mg/L<sup>-1</sup> de ferro total não devem ser utilizada em sistemas de irrigação por gotejamento, a menos que haja tratamento químico.

BARBOZA *et al.* (2011) ao avaliarem a água do córrego Coqueiro/SP, observaram que 41,2% dos locais monitorados apresentaram valores de ferro acima de 9,4mg L<sup>-1</sup>, representando alto potencial de dano ao sistema de irrigação utilizado pelos agricultores que utilizam a água deste córrego. No presente estudo foi verificado que 100% das amostras apresentaram valor maior do que o estabelecido pela Resolução Conama 357/2005 para águas classe 2.

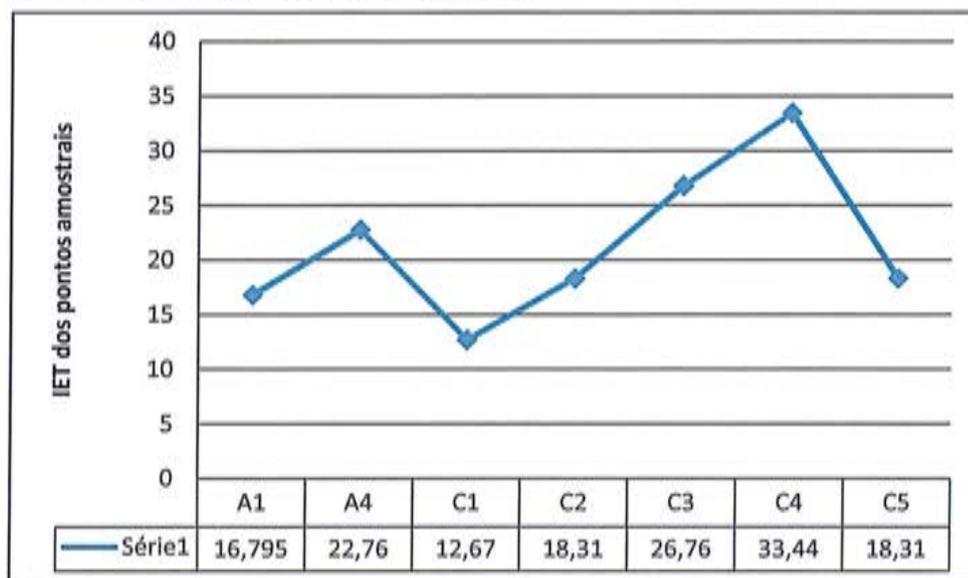
THEBALDI *et al.* (2010) em estudo realizado no córrego Jaboticabal/GO observaram que apenas um dos pontos monitorados apresentou valor alto de ferro e constataram que apesar do efluente tratado utilizado para a irrigação conter alta concentração de ferro, a capacidade de assimilação do ferro pelo córrego é alta, sendo o ferro presente no córrego considerado de baixo potencial de danos quando usado para irrigação. Efeito contrário foi observado no córrego em estudo, onde a capacidade de assimilação do ferro pelo córrego não foi satisfatória, onde todos os pontos amostrados apresentaram ferro alto.

### **5.6 Índice de Estado Trófico - IET**

O IET foi calculado utilizando apenas o PT, sendo a variável Clorofila  $\alpha$  desconsiderada para a classificação do índice. De acordo com LAMPARELLI, 2004, no caso de não haver resultados para o fosforo total ou para a clorofila  $\alpha$ , o índice será calculado com o parâmetro disponível e considerado equivalente ao IET.

Para o cálculo foi utilizada a equação 4 (córregos) e a equação 6 (reservatórios), citadas neste trabalho. Foi calculado o IET dos pontos: A3, A4, C1, C2, C3, C4 e C5, onde todos foram classificados como ultraoligotrófico (IET $\leq$ 47), conforme imagem 22.

Figura 22 - Gráfico do IET dos pontos amostrais



ZANINI *et al.*(2010), em estudo realizado no córrego Rico/SP perceberam que o IET foi afetado pelos períodos de chuva e de seca. Nos períodos chuvosos a quantidade de material suspenso aumentou acentuadamente a turbidez, havendo indícios de carreamento de fósforo e cloreto.

PONTES *et al.*(2012), ao avaliarem a qualidade da água na microbacia do córrego Banguelo notaram que praticamente todos os valores de fósforo apresentavam-se acima do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05. No entanto, relataram que este aumento já era esperado considerando-se que o escoamento de áreas urbanas, agrícolas e de matas podem contribuir para o aumento da concentração de fósforo, principalmente em períodos chuvosos.

## 6 CONCLUSÃO

A água em estudo se enquadra na classe 2, porém o ponto C4 foi o mais prejudicado, não apresentou qualidade compatível estando este fato relacionado aos efluentes domésticos e a atividade agrícola.

O córrego Água Comprida apresentou índices de ferro maiores do que os valores estabelecido pela Resolução Conama 357/05 em todos os pontos amostrados. A quantidade de ferro presente na água está relacionada a quantidade de ferro existente no solo. Essa variável não apresenta condições de qualidade da água compatível com a classe 2.

O IQA dos pontos analisados indicaram qualidades compatíveis com os locais, sendo que o ponto A1 não recebe efluentes diretos, este foi classificado com excelente qualidade. O ponto C4 é o que recebe maior quantidade de efluentes, sendo sua qualidade afetada. O ponto C5 apresenta qualidade média.

O IET foi considerado ótimo, não acarretando prejuízos quanto ao uso das águas dos pontos avaliados.

A qualidade da água para irrigação dos pontos analisados não apresentou risco de salinização do solo. O ponto C1 foi considerado ótimo para irrigação. Os pontos A1, C4 e C5 apresentam potencial de danos aos sistemas de irrigação devido à concentração de ferro.

A quantificação do glifosato foi considerada satisfatória em todos os pontos analisados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA): Portal da Qualidade das Águas- **Redes de Monitoramento**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>, acessado em agosto de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA: Portal da Qualidade das Águas – **Indicadores de Qualidade – Índice de Estado Trófico (IET)**. Disponível em <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>, acessado em agosto de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA: Portal da Qualidade das Águas – **Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx>, acessado em agosto de 2016.

ALVAREZ, V. V. H. *et al.* **Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais C733r Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes 1999 em Minas Gerais - 5ª Aproximação / Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., Editores. – Viçosa, MG, 1999. 359p.**

ALVES E. C. *et al.* **Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó- Maringá, estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.** Acta Sci. Technol. Maringá, v.30, n.1, p.39-48, 2008.

ALVES I.C.C. *et al.* **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil);** Acta Amazonica; vol. 42(1) 2012: 115 – 124.

AMARANTE Jr. *et al.* **Glifosato: Propriedades, toxicidade, usos e legislação;** Química Nova, Vol. 25, No. 4, 589-593, 2002.

ANDRADE, E. M. **A irrigação e suas implicações sobre o capital natural em regiões áridas e semiáridas: uma revisão.** Revista CERES, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 390-398, 2009.

APHA, AWWA, WEF – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20th Ed. Washington DC, USA: APHA / AWWA / WEF, 1998.

ARAUJO, F. V. *et. al.*. **Avaliação da qualidade da água utilizada para irrigação na bacia do Córrego Sujo, Teresópolis, RJ.** Cad. Saúde Colet., Rio de Janeiro, 23 (4): 380-385, 2015.

ARMAS, E. D. *et. al.*. **Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do Rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica.** Quím. Nova, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 975-982, Dec. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS (ABCSEM). Disponível em [www.abcsem.com.br/](http://www.abcsem.com.br/) Acessado em agosto de 2016.

ATTANASIO *et al.*. **A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias.** Bragantia, Campinas. V.71, n 4, p 493-501, 2012.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental.** 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 844p, 2011.

BARBOZA, G.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. **Análise dos riscos á sistemas de irrigação causados pela qualidade da água do córrego Coquinhos, SP.** R. Bras. Agric. Irrigada, v.5, n.1, p.24-36, 2011.

BARROS, R.V.G.; SOUZA, C.A.; **Qualidade do recurso hídrico do córrego André, Mirassol D'Oeste, MT.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n.24, junho/2012.

BERNARDO, S., SOARES, A. A., MANTOVANI, E. C.; **Manual de Irrigação.** 7ª edição atualizada e ampliada – editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2005.

BRASIL. Decreto N° 24.643 de 10 de julho de 1934. Publicado no Diário Oficial da União em 27/07/1934.

BRASIL. Lei N° 9433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos

BRASIL. Lei N° 11.326 de 24 de julho de 2006. Diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.

BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde N° 2914 de 12 de dezembro de 2011. Publicado no Diário Oficial da União n° 239, de 14 de dezembro de 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 420 de 28 de dezembro de 2009. Publicado no DOU n° 249, de 30/12/2009

BRASIL. Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005. Publicada no DOU n° 053, de 18/03/2005

BRASIL. Resolução CONAMA N° 274 de 29 de novembro de 2000. Publicada no DOU no 18, de 25 de janeiro de 2001.

BRASIL. PORTARIA MINTER n° 86, de 4 de junho de 1981. “Enquadra os cursos d’água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul”.

BRATTI, F. C. **Uso de cama de aviário como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

BUCCI, M. H. S. e OLIVEIRA, L. F. C. **Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG)**. – Revista Ambient. Água, vol9 n.1 Taubaté – Jan/Mar. 2014.

BUZELLI, G. M.; CUNHA-SANTINO, M. B. **Análise e diagnóstico da qualidade da água e estado trófico do reservatório de Barra Bonita (SP)**. Ambi-Água, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 186-205, 2013.

CADASTRO GERAL DE EMPREGADOS E DESEMPREGADOS (CAGED). Disponível em <http://trabalho.gov.br/trabalhador-caged>, acessado em agosto de 2016.

CAPOANE V., TIECHER T., SANTOS D.R.; **Uso da terra e qualidade da água: influencia das zonas ripárias e úmidas em duas bacias hidrográficas do planalto do Rio Grande do Sul**. Geografia, ensino e pesquisa. V.20, n 2,p 163-175, 2016.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: UFPB, 2000. 71 p.

CHRISTOFIDIS, D. **Água, irrigação e agropecuária sustentável**; Revista de Política Agrícola; Ano XII – N° 1 – Jan/ Fev /Mar, 2013.

COLETTI, C. et al.. **Water quality index using multivariate factorial analysis**. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v.14, n.5, p.517-522,2010.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL- CETESB. **Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo; CETESB, 2007.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **IET – Índice de Estado Trófico**. São Paulo, 2007.

COSTA, A.B. *et al.*. **Desenvolvimento e aplicação de índices de qualidade da água**. Caderno de Pesquisa ,serie biologia, vol.24, n.1, 2010.

COSTA, F.B.; FERREIRA, V.O.; **Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade da água (IQA) na porção mineira da Bacia do Rio Paranaíba**. Revista Eletrônica de Geografia, v.7,n.18,p.22-47, set/2015.

CUNHA, D.G.F. & CALIJURI, M.C.; **Incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP)**; EngSanitAmbient ; v.15; n.4 ; out/dez 2010 ; p. 337-346.

CUNHA, H. F. A.; LIMA, D. C. I.; BRITO, P. N. de F.; CUNHA, A. C. da; SILVEIRA JUNIOR, A. M. da; BRITO, D. C. ;**Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação**. Ambi-Agua, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R.. **Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas**. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande , v. 18, n. 12, p. 1296-1301, Dec. 2014 .

DIÁRIO DO VALE. Disponível em <http://diariodovale.com.br/tag/santa-rita-de-cassia/>, acessado em Agosto de 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA- **Embrapa Hortaliças**. Ano IV - Número 15;2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA- **Qualidade da água de irrigação**. Almeida O.A.; Cruz das Almas, BA, dez/2010.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER). Disponível em: [http://www.emater.rj.gov.br/images/CULT\\_2015.htm](http://www.emater.rj.gov.br/images/CULT_2015.htm) Acessado em 21/11/2016.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER). Disponível em: [http://www.emater.rj.gov.br/images/munic\\_2015.htm](http://www.emater.rj.gov.br/images/munic_2015.htm) Acessado em 21/11/2016.

FANTON, G. *et al.*.**Condições ambientais do espaço urbano do Município de David Canabarro-RS**. Estudos Geográficos, Rio Claro, v. 6, n. 2, p. 75-92, abr. 2008.

FARIAS, M. S. S.; **Monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo**. Tese de Doutorado. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande: Campina Grande, 152p, 2006.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Disponível em :<http://www.fao.org/news/story/pt/item/243923/icode/> Acessado em junho 2016.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA), **Manual Prático de análise da água**. Brasília, 2006. [www.funasa.gov.br/site/wp...mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp...mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf) Acessado em 18/02/2017.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqagua.asp> Acessado em 20/03/2017

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. 2008.

GARMIN. Disponível em <https://www.garmin.com/pt-BR>, acessado em abril de 2017.

GLEBER L. *et al.*. **Adaptação metodológica no cálculo de cargas contaminantes de fósforo em bacias hidrográficas**. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v.16, n.7, p.769-776, 2012.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. DOS S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIRST, S. L. **Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.3, p.391-399, 2005.

HACH. Disponível em <https://www.hach.com/hq40d-portable-ph-conductivity-dissolved-oxygen-orp-and-ise-multi-parameter-meter/product?id=7640501639>, acessado em abril de 2017.

HANNA Instruments. Disponível em <http://hannainst.com/products/portable-meters/turbidity-portable/hi9829-multiparameter-ph-ise-ec-do-turbidity-waterproof-meter-with-gps-option.html>, acessado em abril de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema de recuperação automática - SIDRA**. 2012. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br) Acessado em 10/05/2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rj#> Acessado em 23/05/2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) <http://www.ibge.gov.br/estadosat/> Acessado em 20/10/2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2013. Disponível em [http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/qualidade\\_aguas/2014/resumo-executivo-2013.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/qualidade_aguas/2014/resumo-executivo-2013.pdf), acessado em Abril de 2017.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais em 2012**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2012.

JÚNIOR, J. L. R.; DE SOUZA, J. L. C.; RÉ-POPPI, N. **Evaluation of Metal Ions and Nitrate Levels in Ground Water From Private Wells in Culturama (State of Mato Grosso do Sul, Brazil)** by Flame AAS. Atomic Spectroscopy, v.29, n.4, p.137–144, 2008.

KAMIMURA A., OLIVEIRA A.; BURANI G. F. **A agricultura familiar no Brasil: um retrato do desequilíbrio regional**. Interações (Campo Grande), Campo Grande, v. 11, n. 2, p. 217-223, Dec. 2010.

KLEIN C.; AGNE S.A.A.; **Fósforo: de nutriente e poluente**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. V (8), nº 8, p. 1713-1721, SET-DEZ, 2012.

LAMPARELLI, M.C.; **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo. Avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese de doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. SP/2004.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 444p, 2005.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 328 p.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia. Porto Alegre, v.3,n.4, out/dez 2002.

MARTINS P.E.S.M.*et al.* **Práticas de manejo de irrigação como medida de conservação do solo e da água**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.10, Pag 01, 2010 .

MATOS P.F.; PESSÔA V.L.M.; **Modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território**. Geo UERJ - Ano 13, v. 2, nº. 22, p. 290-322,2011

MEDEIROS, J. F. de; NASCIMENTO, I.B.; COSTA, M. da C.; SCALOPPI, E.J. **Produção de melão sob diferentes laminas de água com dois níveis de salinidade**. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v.18, p.612-614, 2000. Suplemento.

MENEZES J.P.C, BERTOSSI A.P.A, SANTOS A.R, NEVES M.A. **Correlação entre uso da terra e qualidade da água subterrânea**. EngSanitAmbient , v.19, n.2 , abr/jun 2014 , p.173-186.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/mercado-interno> Acessado em 22/05/2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Disponível em: [www.agricultura.gov.br/](http://www.agricultura.gov.br/) Acessado em agosto de 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), **Manual de impactos ambientais**. Disponível em: [www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/arquivos/manual\\_bnb.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/manual_bnb.pdf) Acessado em 23/05/2016.

MOREIRA, M. R. S.; **Um olhar sobre a agricultura familiar, a saúde humana e o ambiente**. Cienc. Cult., São Paulo, v. 65, n. 3, p. 53-57, July 2013.

MORETTO, D.L.; **Calibração do índice de qualidade da água (IQA) para a bacia hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil.** Dissertação (mestrado), UNISC, 2011.

NIEDERLE, P. A.; FIALHO, M. A. V; CONTERATO, M. A.; **A pesquisa sobre agricultura familiar no Brasil - aprendizagens, esquecimentos e novidades.** Rev. Econ. Sociol. Rural, Brasília, v. 52, supl. 1, p. 9-24, 2014.

OLIVEIRA C.N.; CAMPOS V.P.; MEDEIROS Y.D.P. **Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio salitre;**Quim. Nova, Vol. 33, No. 5, 1059-1066, 2010.

PAIVA, L. C.; SOUZA, A. O. **Avaliação de alguns parâmetros físico-químicos da água do rio Riachão no município de Caatiba – BA.** Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.6, n.9, 11p, 2010.

PATERNIANI, E. **Agricultura sustentável nos trópicos.** Estud. av., São Paulo, v. 15, n. 43, p. 303-326, Dec. 2001.

PAZ V. P. S.*et al*; **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente;** r. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, campinagrande, v.4, n.3, p.465-473, 2000

PERES, G.G.*et al*.; **The southern Araçuaí belt and the Dom Silvério Group: geologic architecture and tectonic significance.**Anais Acad. Bras. Ciênc., 76:771– 790. 2004.

PEREIRA-SILVA, E.F. *et al*.; **Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma unidade de conservação do nordeste do estado de SP, Brasil.** Rev. Bras. de Biociencias, Porto Alegre, v.9, n.3, p.371-381, jul/set, 2011.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. ;**Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo – Contagem.** Ambi-Agua, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA MANSA. Disponível em: <http://www.barramansa.rj.gov.br> Acessado em 20/10/2016

PREZA, D.;L.; C; AUGUSTO, L.; G; S.; **Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil.** Rev. bras. saúde ocup. 2012, vol.37, n.125, pp. 89-98.

REYNOL F.; **As armas da agropecuária para ajudar a matar a sede do planeta.** Ver. Ciências para a vida, Embrapa. Set-Dez; p. 15-16, 2014.

RIBEIRO M.D. et al. **Horticultura irrigada no semiárido brasileiro segundo dados do IBGE.** II INOVAGRI International Meeting; 2014.

SANTIN J.R.; GOELLNER E.; **A Gestão dos Recursos Hídricos e a Cobrança pelo seu Uso.** Sequência (Florianópolis), n. 67, p. 199-221, dez. 2013.

SANTOS, M. S.; **Crescimento e produção de gergelim sob irrigação com água residuária tratada e adubação com torta de mamona;** Dissertação; UFCG; Centro de Tecnologia e Recursos Naturais ;2009

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, IRRIGAÇÃO, PESCA E AGRICULTURA (SEAGRI). Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/noticias/2015/09/14/safra-brasileira-de-gr%C3%A3os-deve-crescer-86> Acessado em 22/05/2016

SEDIYAMA M.A.N.; SANTOS I.C.S.; LIMA P.C. **Cultivo de hortaliças no sistema orgânico.** Rev. Ceres, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 829-837, nov/dez, 2014

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE NACIONAL). Disponível em <http://sbrt.ibict.br/instituicoes-integrantes/sebrae-nacional>, acessado em agosto de 2016.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE NACIONAL). Disponível em <http://sbrt.ibict.br/instituicoes-integrantes/sebrae-nacional>, acessado em agosto de 2016.

SILVA, A.G.; SOUZA, L.D. **Efeitos antrópicos e sazonais na qualidade da água do Rio Carmo.** HOLOS, ano 29, vol.5, 2013.

SILVA, A. F. S., **Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas.** Revista Ambient. Água vol. 11 n. 2 Taubaté – Apr./Jun. 2016.

SILVA, I.N. *et al.*; **Qualidade da água para irrigação.** ACSA- Agropecuária Científica no Semi-Arido, v.7, n.3, julho/setembro, 2011.

SOUSA, T. P *et al.* **Análise da qualidade da água de irrigação em função de sua condutividade elétrica (concentração total de sais solúveis).** ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido, v. 10, n. 3, p. 82-88, Jul - Set, 2014.

STAFF, H. **Hidroponia.** 2. ed. Cuiabá: Sebrae/MT, 1998. 86 p.

STEFFEN G. P. K.; STEFFEN R.B.; ANTONIOLLI Z.I.; **Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos.** TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, jan./jun. 2011.

THEBALDI M. S. *et al.* **Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.15, n.3, p.302-309, 2011.

TOLEDO, L.G.; NICONELA, G. **Índice de qualidade de água em microbaciaso urbano e agrícola.** Scientia Agrícola, v.59,n.1, p.181-186,2002.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ABE, DS.. **A dinâmica ecológica da represa de Barra Bonita: as implicações na sua biodiversidade.** Braz. J. Biol., São Carlos, v. 68, n. 4, supl. p. 1079-1098, Nov. 2008.

VANZELA L.S., HERNANDEZ F.B.T., FRANCO R.A.M.; **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Tres Barras, Marinópolis.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.1, p.55-64, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos,** volume 1, 3ª edição, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

XAVIER, C. F., **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba – Paraná.** Curitiba, 2005.

ZANINI H.L.H.T., AMARAL L.A., ZANINI J.R. **Caracterização da água da microbacia do Córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico;** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.4, p.732-741, jul./ago. 2010

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA**  
**AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

**DISSERTAÇÃO**

**Avaliação do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da  
água em área de produção agrícola de hortaliças**

**Cristiane da Silva**

**2017**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO**  
**INSTITUTO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E**  
**AMBIENTAL**

**Avaliação do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água em área de  
produção agrícola de hortaliças**

**CRISTIANE DA SILVA**

*Sob Orientação do Professor*

**Jonathas Batista Gonçalves Silva**

*e Coorientação dos(as) Professores(as)*

**Renata de Oliveira Pereira**

**Leonardo Duarte Batista da Silva**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Seropédica, RJ

Junho, 2017

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL

**CRISTIANE DA SILVA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências,  
no Curso de Pós-Graduação em engenharia agrícola e ambiental, área de Concentração em  
Engenharia de água e solo.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26/06/2017 (Data da defesa)

---

Dr. Jonathas Batista Gonçalves Silva. UFJF/UFRRJ

---

Dr. Otávio Eurico de Aquino Branco. UFJF

---

Dr. Alexandre Lioi Nascentes. UFRRJ

---

Dr. Leonardo Duarte Batista da Silva. UFRRJ

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por todas as vezes que me sustentou e segurou em minhas mãos me guiando nesta jornada.

A minha família, pois sem vocês de nada valeria os esforços. Em especial a minha mãe, D. Augusta, que foi muito mais que um braço direito e as minhas filhas, Bruna, Bárbara e Beatriz, por entenderem por todas as vezes que precisei estar ausente e por me apoiarem e sempre dizer o quanto se orgulham de mim.

A todos os professores e colaboradores do PPGEAAmb , UFRRJ e da UFJF, pelo apoio no desenvolvimento desta dissertação.

Ao professor Jonathas Batista Gonçalves Silva, pela orientação, confiança, apoio, parceria e por todas as contribuições que tornaram possível a conclusão deste projeto.

Aos professores Leonardo Duarte Batista da Silva e Renata Pereira, pela co-orientação, confiança, paciência e todas as contribuições.

Ao Cláudio Quissaq, técnico agrônomo da EMATER, por toda a colaboração, parceria e suporte.

Aos produtores rurais e a associação de produtores rurais de Santa Rita de Cássia, pela receptividade e contribuições no desenvolvimento deste trabalho.

A AGEVAP pelo financiamento da pesquisa.

A UFRRJ pela oportunidade de realizar o curso de mestrado numa instituição seria e com qualidade.

E a todos mais que de alguma forma contribuíram para o sucesso deste trabalho. Muito obrigada!

## RESUMO

Silva, Cristiane da. **Avaliação do uso e ocupação do solo sobre a qualidade da água em área de produção agrícola de hortaliças**. 2017.96p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental), Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, UFRRJ, Seropédica, RJ, 2017.

A qualidade da água é uma preocupação mundial e seus múltiplos usos são indispensáveis a um largo espectro das atividades humanas. O presente estudo fornece um diagnóstico da qualidade da água do córrego Água Comprida, localizado no Distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa, RJ. Este córrego é utilizado para irrigação de toda a área de horticultura, aproximadamente 160 propriedades. Para determinar a qualidade da água, foram coletadas amostras da água ao longo do córrego. Foram feitas análises físico-químicas e microbiológicas. Com estes dados foram avaliados o IQA, o IET e a qualidade da água para irrigação, além de avaliar o teor do defensivo agrícola glifosato. Dos pontos analisados o ponto C4 foi considerado aquele que apresentou pior qualidade, sendo este fato relacionado ao lançamento de efluentes domésticos e a atividade agrícola. A quantidade de ferro apresentou-se alta tanto no solo quanto na água. Sendo a presença do ferro na água um reflexo da quantidade de ferro acumulado no solo e drenado para o recurso hídrico. Foi analisado o IQA dos pontos A1, C4 e C5 e apresentaram qualidades compatíveis com os locais, sendo o ponto A1 considerado excelente e C4 considerado ruim, o ponto C5 foi considerado médio. O IET foi considerado ótimo em todos os pontos analisados. A qualidade da água para irrigação foi considerada boa, não apresentando risco de salinização do solo, devendo-se ter maior atenção quanto a quantidade de ferro nos pontos A1, C4 e C5.

## ABSTRACT

Silva, Cristiane da. **Evaluation of the use and occupation of the soil on the quality of the water in the area of agricultural production of vegetables.** 2017.96p. Dissertation (Master in Agricultural and Environmental Engineering), Institute of Technology, Department of Engineering, UFRRJ, Seropédica, RJ, 2017.

Water quality is a worldwide concern and its multiple uses are indispensable to a wide range of human activities. The present study provides a water quality diagnosis of the Long water stream located in the Santa Rita de Cassia District, Barra Mansa, RJ. This stream is used for irrigation of the entire horticulture area, approximately 160 properties. To determine the water quality, water samples were collected along the stream. Physical-chemical and microbiological analyzes were performed. With these data the IQA, the EIT and water quality for irrigation were evaluated, besides evaluating the glyphosate agricultural defensive content. From the analyzed points the point C4 was considered only point that presented worse quality, being this fact related to the effluents and the agricultural activity. The amount of iron was high in both soil and water. The presence of the iron in the water is a reflection of the amount of iron accumulated in the soil and drained to the water resource. The IQA of the points A1, C4 and C5 were analyzed and presented qualities compatible with the sites, with A1 being considered excellent and C4 considered to be poor, C5 was considered medium. The EIT was considered to be optimal at all points analyzed. The water quality for irrigation was considered good, with no risk of soil salinization, and greater attention should be paid to the amount of iron at points A1, C4 and C5.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1-Gráfico de qualidade (q).....	32
Figura 2-Bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e microbacia do córrego Água Comprida.....	48
Figura 3-Mapa da localização do Município de Barra Mansa, no estado do Rio de Janeiro....	48
Figura 4-Localização do Distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa/RJ.....	49
Figura 5-Localização de cada ponto de coleta, na microbacia hidrográfica Córrego Água Comprida.....	51
Figura 6-Imagens dos locais de coleta.....	52
Figura 7-Equipamentos utilizados em campo.....	53
Figura 8-Gráfico de Turbidez dos pontos de coleta.....	63
Figura 9-Gráfico da média do pH dos pontos de coleta.....	64
Figura 10-Gráfico dos Sólidos Totais Dissolvidos dos pontos de coleta.....	65
Figura 11-Gráfico da Condutividade Elétrica dos pontos de coleta.....	66
Figura 12-Gráfico da média da Salinidade dos pontos amostrais.....	67
Figura 13-Gráfico da Cor Verdadeira dos pontos de coleta.....	68
Figura 14-Gráfico da Dureza do Cálcio e Magnésio dos pontos de coleta.....	69
Figura 15-Gráfico do Ferro Dissolvido dos pontos de coleta.....	70
Figura 16-Gráfico do Nitrato dos pontos de coleta.....	72
Figura 17-Gráfico da Média de Oxigênio Dissolvido dos pontos de coleta.....	73
Figura 18-Gráfico do Fósforo Total dos pontos de coleta.....	75
Figura 19-Gráficos de <i>E. coli</i> nos pontos de coleta.....	76
Figura 20-Gráfico de Classificação do IQA dos pontos de coleta.....	78
Figura 21-Gráfico do Software Qualigraf da RAS.....	79
Figura 22-Gráfico do Índice de Estado Trófico dos pontos de coleta.....	81

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1-Ingredientes Ativos mais comercializados em 2014.....	19
Tabela 2-Produtividade por Cultura no Estado do RJ.....	22
Tabela 3-Variáveis Integrantes do IQA.....	29
Tabela 4-Pesos das Variáveis do IQA.....	30
Tabela 5-Classificação do IQA.....	31
Tabela 6-Classificação do IET.....	35
Tabela 7-Análises laboratoriais necessárias para avaliar a água para irrigação.....	36
Tabela 8-Qualidade da água para irrigação.....	37
Tabela 9-Exemplos de padrões Classe 1.....	41
Tabela 10-Exceções de condições e padrões das águas doces Classe 2.....	42
Tabela 11-Classificações dos Solos de acordo com a concentração de substâncias química...43	
Tabela 12-Subdivisão de águas categoria própria.....	45
Tabela 13-Ocorrências para a classificação das águas impróprias.....	46
Tabela 14-Pontos de coleta, coordenadas de GPS, descrição do ambiente e análises realizadas em cada ponto.....	55
Tabela 15-Parâmetros e métodos utilizados na determinação da qualidade das amostras de águas superficiais.....	56
Tabela 16-Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.....	57
Tabela 17-Classificação do IQA, segundo o IGAM.....	57
Tabela 18-Critérios de avaliação da água para irrigação.....	59
Tabela 19-Characterização física e química de amostras de solo coletado.....	61
Tabela 20-Teor de Nitrato dos pontos de coleta.....	71
Tabela 21-Concentração da Demanda Bioquímica de Oxigênio dos pontos de coleta.....	74
Tabela 22-Concentração de Glifosato dos pontos de coleta.....	77

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Fórmula multiplicativa do IQA.....	30
Equação 2-Fórmula de somatório dos pesos de IQA.....	30
Equação 3-Fórmula IET Clorofila <i>a</i> (CL) ambientes lóticos.....	34
Equação 4-Fórmula IET fósforo (PT) para ambientes lóticos.....	34
Equação 5-Fórmula IET Clorofila <i>a</i> (CL) ambientes lênticos.....	34
Equação 6-Fórmula IET fósforo (PT) para ambientes lênticos.....	34
Equação 7-Fórmula do IET.....	35
Equação 8-Razão de adsorção de sódio – RAS.....	38

## LISTA DE SÍMBOLOS

DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio  
DQO - Demanda Química de Oxigênio  
OD - Oxigênio Dissolvido  
pH - Potencial Hidrogeniônico  
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente  
IET - Índice de Estado Trófico  
IQA - Índice de Qualidade da Água  
IGAM - Instituto Mineiro de Gestão da água  
SDT - Sólidos Dissolvidos Totais  
Na - Sódio  
Cl - Cloro  
ST - Sólidos Totais  
RAS - Razão de Adsorção do Sódio  
Mg - Magnésio  
APHA - American Public Health Association  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
UFV - Universidade Federal de Viçosa  
CTCt - Capacidade de Troca Catiônica efetiva  
CTCT - Capacidade de Troca Catiônica Potencial  
SB - Soma de Bases  
m - Saturação por Alumínio  
v - Saturação por Bases  
ISNA - Saturação por Sódio  
K - Potássio  
P - Fósforo  
Al - Alumínio  
MO - Matéria Orgânica

H + Al - Acidez Potencial

Cu - Cobre

Mn - Manganês

Fe - Ferro

Zn - Zinco

S - Enxofre

B - Boro

PT - Fósforo Total

# SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS .....	i
RESUMO.....	ii
ABSTRACT .....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE EQUAÇÕES .....	vi
LISTA DE SÍMBOLOS .....	vii
1 INTRODUÇÃO .....	11
2 OBJETIVO .....	14
3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	15
3.1 Agricultura no Brasil.....	15
3.2 Horticultura no Brasil .....	17
3.2.1 Agricultura familiar .....	20
3.2.2 Agricultura do estado do Rio de Janeiro.....	21
3.2.2.1 Agricultura no município de Barra Mansa .....	22
3.3 Uso e Ocupação do Solo e a Qualidade da Água .....	23
3.4 Qualidade da água e a irrigação .....	24
3.5 IQA – ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	27
3.6 - Índice de Estado Trófico (IET) .....	33
3.7 Qualidade da água para irrigação.....	35
3.8 Legislação Aplicada aos Recursos Hídricos .....	38
3.8.1 Decreto nº24.643/1934 – Código de águas brasileiro .....	38
3.8.2 - Lei nº 9.433/1997 – Política Nacional dos Recursos Hídricos .....	39
3.8.3 - Resolução CONAMA Nº 357/ 2005 .....	40
3.8.4. Resolução CONAMA nº 420 / 2009 .....	42
3.8.5 Portaria nº 2.914/2011 .....	44
3.7.6 Resolução CONAMA nº 274 / 2000 .....	45
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	47
4.1 Caracterização do local .....	47
4.2Qualidade da Água .....	49

4.2.1	Coletas .....	50
4.2.2	Índice de Qualidade da Água (IQA).....	56
4.2.3	Índice de Estado Trófico (IET) .....	58
4.2.4	Qualidade da Água para Irrigação.....	58
4.3	Caracterização do Solo.....	59
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	61
5.1	Caracterização do solo.....	61
5.2	Avaliação dos parâmetros de químicos, físicos e biológicos.....	62
5.3	Avaliação da presença de glifosato nos corpos d'água.....	77
5.4	Índice de qualidade da água (IQA) .....	78
5.5	Qualidade da água para Irrigação .....	79
5.6	Índice de Estado Trófico - IET .....	81
6	<b>CONCLUSÃO</b> .....	83
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	84

## 1 INTRODUÇÃO

Com terras férteis, extensas e clima propício para a agricultura, o Brasil é um dos principais produtores e fornecedores mundiais de alimentos. Os programas de sanidade vegetal do Ministério da Agricultura visam garantir alimentos seguros e mantêm o país como peça chave do comércio globalizado. A agricultura brasileira enfrenta o desafio da crescente demanda por alimentos e produtos agropecuários, em quantidade e qualidade (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2016).

A horticultura é uma parte importante da agricultura, refere-se à produção de frutas, legumes, flores, plantas ornamentais, medicinais e plantas aromáticas. Estabeleceu-se a sua importância em muitos aspectos da inovação, melhoria da utilização dos solos, promoção da diversificação de culturas e segurança nutricional para as pessoas (SONA *et al.*, 2011).

Em um país com uma população predominantemente urbana e com previsão para atingir 212 milhões em 2025, existe ampla demanda interna de hortaliças e grandes oportunidades para o desenvolvimento da horticultura. A produção de hortaliças no Brasil é ainda dependente de grande número de pequenos produtores, principalmente aqueles voltados para a agricultura familiar (MOREIRA, 2013).

A safra agrícola 2014/2015 cresceu 8,2% em relação à safra anterior, os agricultores colheram aproximadamente 210 milhões de toneladas de alimentos, apesar da redução de 10,4% da área plantada, a expectativa é o aumento de produção, podendo chegar a 16,7 milhões de toneladas a mais na safra de 2016 (SEAGRI, 2015).

A utilização de modernas técnicas nos sistemas de produção agrícola impulsionou a introdução de uma grande variedade de substâncias sintéticas no meio ambiente, a fim de melhorar e acelerar a produtividade e diminuir as perdas no campo (STEFFEN *et al.*, 2011).

Segundo o manual de impactos ambientais do Ministério do Meio Ambiente (MMA), atividades agrícolas são geradoras de inúmeros impactos ambientais positivos, como por exemplo, desenvolvimento regional, mas existem impactos ambientais negativos decorrentes destas atividades, como a contaminação química por defensivos agrícolas, desmatamento, perda da biodiversidade, etc. Contudo um dos impactos ambientais

mais relevantes é a perda do solo através da erosão e a contaminação da água (MANUAL DE IMPACTOS AMBIENTAIS DO MMA, 1999).

Os impactos negativos decorrentes da horticultura estão associados, notadamente, quando esta atividade é mal manejada, principalmente devido ao uso de fertilizantes e agrotóxicos. O emprego destes produtos químicos na agricultura irrigada pode gerar um passivo, visto que, por meio do escoamento superficial, a água leva consigo esses elementos, tendo como destino final os rios e depósitos subterrâneos (SILVA *et al.*, 2016). Além disso, a forma de uso e ocupação do solo pela atividade agrícola é outro exemplo de geração de passivos ambientais, uma vez que pode causar erosão nas margens dos rios e assoreamento do curso d'água, evidenciados nas alterações de parâmetros de qualidade da água, como pH e turbidez (MAIA *et al.*, 2015).

MAIA *et al.*, (2015), realizaram estudos nos quais avaliaram os impactos da agricultura urbana na qualidade da água de uma bacia hidrográfica, e puderam observar valores de pH variando entre 6,6 e 7,7 e de condutividade elétrica, parâmetro de qualidade importante para fins de irrigação e avaliação indireta da salinidade, entre 0,16 e 0,32 mS/cm. Pôde-se observar que os valores referentes aos parâmetros aumentavam em áreas de maior concentração de horticulturas que se utilizavam de fertilizantes. Tal resultado pode ser explicado pelo fato de a solução nutritiva presente nestes fertilizantes ser composta, em grande parte, por elementos metálicos condutores de corrente elétrica (STAFF, 1998).

LUCAS *et al.* (2010), avaliaram a qualidade da água em uma microbacia hidrográfica a qual recebe influência de uma área produtora de hortaliças. Os autores compararam os resultados obtidos em suas análises com os padrões estabelecidos pela Resolução nº 357 do CONAMA (2005), que entre outros, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. O corpo d'água em estudo se enquadra na Classe 2 para águas doces e, segundo os autores, em alguns pontos parâmetros como nitrato ( $\text{NO}^{-3}$ ), ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), oxigênio dissolvido (OD) e cor não apresentaram qualidade compatível com a norma, o que pode evidenciar a relação entre o uso e ocupação do solo com a degradação do ambiente. Além disso, pôde-se observar uma maior concentração de nitrogênio amoniacal ( $\text{N-NH}_3$ ) em áreas de maior concentração de hortas, o que pode ser justificado pelo fato dessa área ter recebido maior influência antrópica das atividades agrícolas praticadas, como o uso de ureia na adubação nitrogenada. Através do escoamento superficial, houve carreamento de

nutrientes, matéria orgânica e sedimentos para o curso d'água, alterando de forma significativa este parâmetro.

Fica então evidente que o monitoramento da qualidade da água e das alterações físicas, químicas e biológicas é de suma importância, seja esta alteração decorrente de fonte antrópica ou natural (ANA,2016).

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

O estudo tem como objetivo geral avaliar a qualidade da água em área de produção agrícola na microbacia do Córrego Água Comprida, pertencente à bacia do Rio Paraíba do Sul.

### **2.2 Objetivo Específico**

Avaliar a qualidade da água para irrigação;

Determinar o índice de qualidade da água;

Determinar o índice de estado trófico;

Determinar a presença de glifosato no corpo hídrico.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

#### 3.1 Agricultura no Brasil

A agricultura é um setor econômico que atua de forma significativa no desenvolvimento do país. Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), (2016), somente em 2015, o agronegócio brasileiro foi responsável por 46,67% das exportações e 12,18% das importações do país. O Produto Interno Bruto (PIB) gerado pelo agronegócio representou 21,46% do PIB nacional, uma alta de 1,8% em relação ao ano anterior, chegando a R\$ 263,6 bilhões em 2015. Tais resultados são motivos de comemoração para o setor, principalmente por se tratar de um ano de extremas dificuldades econômicas. Segundo o IBGE ,(2015), o crescimento se deve principalmente ao desempenho da agricultura. Ainda em 2015, dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED) apontam que o setor agropecuário gerou aproximadamente 9,8 mil empregos, sendo o único a apresentar saldo positivo, devido ao aumento das produções e exportações de produtos agrícolas, mostrando que os produtores brasileiros mantêm forte confiança no setor e seguem investindo na produção de alimentos para abastecer tanto o mercado interno quanto externo (CAGED, 2016).

O cultivo das plantas para atender às necessidades humanas é atividade essencialmente dependente de condições edafo-climáticas, socio-econômicas e nível de conhecimentos técnicos. As técnicas agrícolas são, assim, muito diversificadas tanto ao longo do tempo quanto nas diferentes regiões do planeta (PATERNIANI, 2001).

O meio rural vem passando por várias modificações no decorrer do tempo, isso se deve ao crescimento do mercado agrícola, ao aumento de empregos, a incorporação de tecnologias e ao aumento da produtividade (PERES *et al.*, 2004).

As taxas de crescimento da produção agrícola mundial, superadas pelas dos incrementos populacionais nos últimos anos, vêm causando certa intranquilidade com relação à segurança alimentar. Ao lado da oferta de alimentos, está a degradação dos solos, a baixa resposta positiva da produtividade ao uso de fertilizantes e defensivos e a escassez de água, principais entraves que inviabilizaram o aumento da produção agrícola compatível com a população (PAZ *et al.*, 2000).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) estima que em 1955 houvesse 840 milhões de pessoas famintas pelo mundo, em 2010 esse valor aproximou-se de 995 milhões de pessoas em condições de insegurança alimentar (FAO, 2015).

Segundo CHRISTOFIDIS (2013), esse aumento se deu não só pelo desequilíbrio de crescimento da área de produção e o crescimento populacional, mas também pela irrigação errônea e pela diminuição da qualidade do solo e água, que afetam diretamente o volume das safras.

A adoção de modernas tecnologias que permitem à melhoria da eficiência, a redução de perdas, a garantia de produção e ganho de produtividade com a irrigação, fertilizantes, defensivos e biotecnologia, não tem sido suficiente para minimizar a questão alimentar no mundo. Para uma produção maior, a alternativa está na implantação da irrigação (PAZ *et al.*, 2000).

A deficiência de água no solo, geralmente, é o fator limitante para a obtenção de produtividade elevada e produtos de boa qualidade. Também pode atuar prejudicialmente quando aplicada de forma excessiva. O manejo do solo tem grande influência no processo erosivo, onde a retirada da vegetação e a exposição do solo à ação direta das chuvas ou irrigação causam perdas de solo e de água (MARTINS *et al.*, 2010).

A irrigação impulsionou consideravelmente a produção agrícola brasileira, não somente aumentando a produtividade por planta, mas também proporcionando a obtenção de mais de uma safra ao ano para várias espécies cultivadas e um menor risco de quebra da produção. Apesar das vantagens, a agricultura irrigada no Brasil ainda ocupa pouco espaço, são apenas seis milhões de hectares, área que poderia ser cinco vezes maior. O Ministério da Integração Nacional calcula que o país possui 25,5 milhões de hectares de áreas plantadas dependendo exclusivamente do regime de chuvas e que poderiam ser irrigadas. Essas propriedades, que somadas têm o tamanho da Itália, poderiam produzir mais e melhor se contassem com sistemas de irrigação (REYNOL, 2014).

O conhecimento da quantidade de água requerida pelas culturas constitui-se em aspecto importante na agricultura irrigada para que haja uma adequada programação do manejo nos sistemas de irrigação. São grandes os benefícios da agricultura irrigada, entretanto, estes só podem ser alcançados quando utilizados com sistemas de irrigação bem dimensionados, adequados às peculiaridades da área, solo e cultura, bem como, o uso racional com critérios

de manejo que resultem em aplicação de água em quantidades compatíveis com as necessidades de consumo das culturas evitando os desperdícios e os impactos oriundos da percolação profunda e do escoamento superficial (MARTINS *et al.*, 2010).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização, esta situação está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior (SOUSA *et al.*, 2014).

De acordo com MANTOVANI *et al.* (2006) a qualidade da água é um aspecto fundamental para o êxito da utilização de sistemas irrigados, no entanto, a avaliação da qualidade dela é, muitas vezes, negligenciada no momento da elaboração de projetos. Como consequência, a irrigação poderá produzir efeitos indesejáveis na condução de uma cultura comercial ou servir como veículo para contaminação da população, no momento em que ocorre a ingestão dos alimentos que receberam a água contaminada.

Para CAVALCANTE (2000), a qualidade da água para a agricultura é determinada sob enfoques de pureza, microbiológicos e químicos. Os efeitos nocivos das águas de qualidade limitada no sistema solo-planta têm sido verificados na prática e podem interferir significativamente nos atributos edáficos e no desempenho produtivo das culturas. MARTEN e MINELLA (2002) acrescentam que, conforme essas características são estipuladas diferentes finalidades para a água. A classificação padronizada dos corpos d'água possibilita que se fixem metas para atingir níveis de indicadores consistentes com a classificação desejada.

Segundo AYERS e WESTCOT (1999), o conceito de qualidade da água refere-se às suas características que podem afetar sua adaptabilidade para uso específico, ou seja, a relação entre a qualidade da água e as necessidades do usuário.

### **3.2 Horticultura no Brasil**

No Brasil a horticultura tem importância significativa na produção agrícola. Em 2005, a produção total de hortaliças foi de 17.385,9 mil toneladas, ocupando uma área cultivada de 785,2 mil ha. O valor total da produção foi estimado em R\$ 11.482,42 milhões. Nos anos de

1997 a 2007 a produção de hortaliças no país aumentou 33 % enquanto a área foi reduzida em 5 % e a produtividade incrementou 38 %. Sendo que 75% do volume de produção concentram-se nas regiões Sudeste e Sul enquanto o Nordeste e o Centro-Oeste respondem pelos 25 % restantes. Normalmente a produção de hortaliças é associada a um sistema de irrigação, por serem culturas sensíveis ao estresse hídrico, e quando essa junção é feita de forma adequada há um aumento da produtividade com qualidade (RIBEIRO *et al.*, 2014).

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o cultivo de hortaliças (verduras e legumes), gera mais lucro por hectare do que o de outras culturas, como grãos, por exemplo (MAPA, 2015).

Segundo a Associação Brasileira do Comércio de Sementes e Mudas (ABCSEM), a cadeia produtiva de hortaliças no Brasil movimentava cerca de R\$ 55 bilhões por ano e ocupa uma área aproximada de 820 mil hectares, produtora de 20 milhões de toneladas de 18 hortaliças diferentes, sendo que tomate, cebola, melancia e alface são responsáveis por 50% deste total. Por ser extremamente dependente de mão-de-obra, desde sua semeadura até comercialização, a cultura de hortaliças gera por ano um grande número de empregos (ABCSEM, 2016).

Segundo o SEBRAE (2016), estima-se que cada hectare de hortaliças produza, em média, entre 3 a 6 empregos diretos e um número idêntico de empregos indiretos.

Dentro do universo agrícola, as hortaliças estão situadas no topo da lista no que se refere à necessidade de água para produção, tendo em vista que dependem tanto do regime de chuvas quanto da irrigação. E apesar da dependência hídrica, comum às olerícolas, existem as mais e as menos vulneráveis à redução da água disponível (EMBRAPA, 2015).

No entanto, apesar da atividade de horticultura ter papel relevante na economia brasileira, a mesma produz passivos ambientais, notadamente quando mal manejada, principalmente devido ao uso de fertilizantes e agrotóxicos. O emprego destes produtos químicos na agricultura irrigada gera um passivo, visto que, por meio do escoamento superficial, a água leva consigo esses elementos, tendo como destino final os rios e depósitos subterrâneos (SILVA *et al.*, 2016).

Além disso, a forma de uso e ocupação do solo pela atividade agrícola é outro exemplo de geração de passivos ambientais, uma vez que pode causar erosão nas margens dos rios e assoreamento do curso d'água, evidenciados nas alterações de parâmetros de qualidade da água, como pH e turbidez (MAIA *et al.*, 2015).

Corpos d'água sofrem todos os impactos das atividades antropogênicas ao longo da bacia, da qual recebem materiais, sedimento e poluentes, refletindo os usos e ocupação do solo nas áreas vizinhas. Assim, a possibilidade de contaminação ambiental por pesticidas está relacionada diretamente às propriedades físico-químicas desses compostos haja vista que, quanto maior a hidrossolubilidade maior também a facilidade de transporte (DELLAMATRICE e MONTEIRO, 2014).

O Brasil é o maior consumidor de agrotóxicos no mundo desde 2009. Os principais efeitos dos agrotóxicos sobre os ecossistemas já são bem conhecidos pela comunidade científica e inclui a perda da biodiversidade, a eliminação de insetos polinizadores, o desenvolvimento de espécies resistentes, o surgimento de pragas secundárias, contaminação do solo e água (PREZA & AUGUSTO, 2012).

A tabela 1 apresenta os 10 ingredientes ativos (IA) mais utilizados em 2014, segundo o boletim anual do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis).

Tabela 1 – Ingredientes ativos mais comercializados em 2014

Unidade de medida: toneladas de IA	
<b>Ingrediente Ativo</b>	<b>Vendas (ton. IA)</b>
Glifosato e seus sais	194.877,84
2,4-D	36.513,55
Acefato	26.190,52
Óleo mineral	25.632,86
Clorpirifós	16.452,77
Óleo vegetal	16.126,71
Atrazina	13.911,37
Mancozebe	12.273,86
Metomil	9.801,11
Diurom	8.579,52

Fonte: IBAMA / Consolidação de dados fornecidos pelas empresas registrantes de produtos técnicos, agrotóxicos e afins, conforme art. 41 do Decreto nº 4.074/2002

Entre estes o glifosato é o agrotóxico mais utilizado pelos produtores no país, atingindo uma média de vendas 194.877,84 t IA em 2014, sendo muito empregado em lavouras de soja. (IBAMA, 2014).

De acordo com SILVA (2011), o excesso de uso de fertilizantes tem causado eutrofização e quando as algas se proliferam em excesso, se estas forem filamentosas, causam obstrução nos sistemas de irrigação.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação (FAO), 2015, o objetivo de uma agricultura sustentável deve ser o de envolver o manejo eficiente dos recursos disponíveis, mantendo a produção nos níveis necessários para satisfazer às crescentes aspirações de uma também crescente população, sem degradar o meio ambiente.

Considerando-se que grande parte das hortaliças é consumida *in natura*, é importante conhecer a qualidade sanitária dos fertilizantes orgânicos. Neste sentido, a fermentação da matéria orgânica presente nos estercos e a compostagem com outros resíduos orgânicos são de extrema importância, antes que sejam aplicados ao solo, o que reduz as chances de contaminação por microrganismos patogênicos, contaminação hídrica, além de melhorar a qualidade do esterco e a disponibilidade de nutrientes para as culturas (SEDIYAMA *et al*; 2014).

### **3.2.1 Agricultura familiar**

A agricultura familiar (AF) nasceu das lutas por reconhecimento e direitos empreendidas por uma miríade de atores, especialmente pelos movimentos sindicais do campo. Respondendo aos efeitos dos processos de globalização, abertura comercial, crise econômica e esfacelamento da capacidade de intervenção do Estado, e legitimados por inúmeros estudos que apontavam para o protagonismo das agriculturas de base familiar para sustentar a produção e a geração de emprego e renda em inúmeros países, esses movimentos passaram a reivindicar políticas diferenciadas de desenvolvimento rural (NIEDERLE, FIALHO e CONTERATO, 2014).

Segundo estipulado pela Lei nº 11.326 /2006, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, que utilize exclusivamente mão de obra da própria família e que tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas vinculadas ao próprio estabelecimento ou empreendimento.

Os agricultores familiares se diferenciam de várias maneiras, como o nível de escolaridade, nível de renda, a forma como exploram os recursos, os tipos de atividades, tradições, entre

outras, além de diferenciarem-se de acordo com a região onde está inserida sua propriedade. Assim o ambiente físico, geográfico e cultural que circunda a unidade familiar rural intervém diretamente na sua forma de organização e na construção da identidade dos agricultores. Devido a essas grandes diferenças promover modificações na forma de explorar os recursos naturais de forma sustentável se torna uma tarefa muito difícil (NIEDERLE, FIALHO e CONTERATO, 2014).

É inegável e intuitiva a importância dos aspectos culturais, da agricultura familiar, do grau de escolaridade, do nível de formação e utilização tecnológica, das variáveis econômicas, da pluviometria e do clima associados às regiões brasileiras nos resultados positivos e negativos da agricultura como um todo (KAMIMURA, OLIVEIRA E BURANI; 2010).

### **3.2.2 Agricultura do estado do Rio de Janeiro**

O estado do Rio de Janeiro tem uma área territorial de 43.777,954 km<sup>2</sup> e 92 municípios, sendo o menor estado da região sudeste. Os municípios que fazem parte do cinturão verde e o de Barra Mansa, localizado na região Sul fluminense, produzem juntos mais de 40 t mensais de alimentos (IBGE, 2015).

São 53.381 produtores em todo o estado, com produção anual de 3.260.706,65 t, área produtiva de 146.359,64 ha, produtividade de 22,28 t/ ha e faturamento anual de R\$ 1.826.307.110,90 (EMATER,2015).

As culturas são divididas em grupos para quantificar a produção (t). A tabela 2 representa a produtividade por cultura no estado do RJ no ano de 2016,segundo o relatório de culturas do sistema ASPA/AGROGEO (EMATER, 2015).

Tabela 2 – Produtividade por cultura no estado do RJ

<b>CULTURA</b>	<b>PRODUTIVIDADE</b>
Fruticultura	496.145,51t
Grãos	23.136,49t
Olerícolas Folhosas	278.551,74t
Olerícolas Frutos	407.194,63t
Olerícolas Raízes	149.584,61t
Outras Culturas(cana, palmito, louro, mandioca e urucun)	1.906.093,67t

FONTE: EMATER (2015)

No Estado do Rio de Janeiro os produtos tradicionais são principalmente a cana-de-açúcar, o café, a mandioca e banana, que respondem por cerca de 83% da área de culturas de todo estado (IBGE ,2012).

### 3.2.2.1 Agricultura no município de Barra Mansa

O município de Barra Mansa está localizado no Sudeste do Brasil, no Sul fluminense do Estado do Rio de Janeiro. É caracterizada como a sexta Região do Médio Paraíba, entre as Serras do Mar e a da Mantiqueira. O município ocupa uma área de 548,9 km<sup>2</sup>, correspondentes a 8,8% da área da Região do Médio Paraíba. Está dividido em 5 distritos: Santa Rita de Cássia, Floriano, Rialto, Nossa Senhora do Amparo e Antônio Rocha. Dentro de seus limites, cruzam três grandes rios: Paraíba do Sul, Barra Mansa (que deu origem ao nome do município) e o Bananal, sendo os dois últimos afluentes do primeiro(PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA MANSA,2016).

A economia da cidade tem por base a agricultura e a metalurgia. Atualmente, o setor de comércio e serviços é um dos mais fortes da região, contando com uma capacidade de ofertas muito grande, dadas a diversificação dos ramos, atendendo a variada demanda gerada pela economia regional. O Produto Interno Bruto de Barra Mansa, estimado em 1996, pela Fundação CIDE, era de R\$ 666 milhões, resultando em um valor de R\$ 3.997, per capita (IBGE, 2010).

Á área agrícola de destaque da cidade de Barra Mansa é o Distrito de Santa Rita de Cássia, que dispõe de 192 produtores, área de produção de 120,96 ha, produção de 1.865,25 t/ano, produzindo 15,42 t/ha, essa produção gera uma renda local de R\$ 2.324.089,50 / ano. As principais culturas cultivadas em Santa Rita de Cassia são: agrião, alface, brócolis, cebolinha, chicória, couve, espinafre, salsa e couve-flor (EMATER, 2015).

### **3.3 Uso e Ocupação do Solo e a Qualidade da Água**

O desenvolvimento econômico agrícola do Brasil tem sido, nas últimas décadas, caracterizado pelo uso intensivo dos recursos naturais sem o devido planejamento o que, aliado às características de solo e clima, promoveu grandes perdas de solo por erosão (VANZELA, HERNANDEZ E FRANCO, 2010).

As consequências do carreamento de grandes quantidades de solo, matéria orgânica e insumos agrícolas para o leito dos cursos d'água no período chuvoso, contribuem significativamente com o aumento da concentração de sólidos e nutrientes na água dos mananciais. Outro tipo de contaminante que pode ser transportado para o leito do manancial são os coliformes termotolerantes (GONÇALVES *et al.*, 2005).

Em vários países do mundo, incluindo o Brasil, planos de micro bacias estabelecem a adequação do uso do solo, através da determinação das classes de capacidade de uso ou outros critérios. A classificação de terras em capacidade de uso indica o grau de intensidade de cultivo que se pode aplicar em um terreno sem que haja no solo diminuição de sua produtividade por causa da erosão. O tratamento é a aplicação dos métodos de proteção do solo. Este sistema foi elaborado primordialmente para atender aos planejamentos de práticas de conservação do solo (ATTANÁSIO *et al.*, 2012).

As melhores práticas agrícolas são aquelas que buscam o uso mais eficiente da água, com base no uso consuntivo das culturas com programação da irrigação, evitando a salinização e a erosão dos solos (SANTOS,2009).

### 3.4 Qualidade da água e a irrigação

O problema da disponibilidade de água é um tema discutido no mundo todo. Essa discussão passa pela avaliação quantitativa e qualitativa da água disponível para os diferentes usos possíveis como recreação, pesca, irrigação, geração de energia e abastecimento. No Brasil, apesar de uma alta disponibilidade de água por habitante, 48,314 m<sup>3</sup> / ano, a distribuição geográfica desse recurso é desigual, havendo, por exemplo, uma grande disponibilidade na região amazônica, de baixa densidade demográfica (LAMPARELLI, 2004).

A importância da qualidade da água está bem conceituada na Política Nacional de Recursos Hídricos, que define, dentre seus objetivos, “assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos” (Art. 2º, Cap. II, Tit. I, Lei nº 9.433/1997).

A adequada gestão dos recursos hídricos é tema recorrente na atualidade, uma vez que a disponibilidade da água, em especial para fins nobres como o abastecimento humano tem sofrido restrições significativas em função do comprometimento de seus aspectos de qualidade e quantidade. Nesse sentido, a resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água, pode ser vista como um importante instrumento da Política Nacional dos Recursos Hídricos – lei nº 9.433/1997 (CUNHA & CALIJURI, 2010).

A demanda por recursos hídricos tem se expandido resultando em preocupações ecológicas e ambientais. Em geral, a qualidade da água pode ser influenciada por vários processos, dentre os quais destacam os processos naturais, interação com solos e rochas e atividades antropogênicas, incluindo agricultura, indústria e desenvolvimento urbano. Os efeitos das atividades humanas sobre a qualidade da água aumentam à medida que a urbanização ou a irrigação se intensificam (MENEZES *et al.*, 2014).

A retirada da cobertura vegetal ciliar dos rios, a intensa implementação da agropecuária e o lançamento de efluentes domésticos e industriais são as principais interferências negativas sobre os ecossistemas aquáticos, acarretando processos de contaminação, eutrofização e interferência nos padrões de qualidade dos corpos d'água que abastecem cidades (BARROS e SOUZA, 2012).

O homem, em busca de desenvolvimento econômico, explora os recursos naturais de maneira excessiva e inconsciente, considerando-os inesgotáveis, o que tem acarretado muitos danos

ecológicos que, em grande parte, irreparáveis. Essa situação traz como consequência a contaminação dos recursos hídricos, que está fortemente ligada a fatores de ocupação e de uso do solo, que, conforme o tipo e o grau de impacto atingem de maneiras diferentes o ambiente. Assim, o uso do solo diversifica-se a partir de sua ocupação por diferentes categorias sociais (FANTON *et al.*, 2008; SANTIN E GOELLNER, 2013).

As atividades antrópicas têm desencadeado e acelerado os processos de erosão do solo. No caso da agricultura a situação não é diferente, pois ocasiona a diminuição da qualidade e da produtividade do solo, além de impactos na qualidade da água e aceleração da sedimentação natural de rios, lagos e reservatórios, causando sérios danos no ciclo hidrológico e hidrosedimentológico de bacias hidrográficas. Os impactos ambientais adversos sobre a qualidade da água intensificam-se quando a ocupação e uso do solo pela agricultura e pecuária estendem-se até áreas marginais e ecologicamente sensíveis, como zonas ripárias e úmidas. As zonas ripárias ou ciliares são áreas de saturação hídrica permanente ou temporária, encontradas principalmente ao longo das margens e nas cabeceiras da rede de drenagem. Esses locais exercem importante função do ponto de vista hidrológico e ecológico, contribuindo para a manutenção da saúde ambiental e da resiliência de bacias hidrográficas. As áreas úmidas são áreas transicionais entre sistemas terrestres e aquáticos, onde o nível da água se encontra normalmente na superfície do solo ou perto dela ou, o solo é coberto por água rasa (CAPOANE, TIECHER E SANTOS, 2016).

As degradações dos corpos d'água são agravadas pelas contaminações por resíduos orgânicos e inorgânicos. Entre os contaminantes inorgânicos, encontram-se os oriundos das práticas agrícolas como o nitrato, o fosfato, os metais pesados, além dos resíduos industriais provindos da fabricação de tintas, fertilizantes, produtos farmacêuticos, resíduos da atividade de termelétricas, mineração e metalurgia. Os contaminantes de natureza orgânica mais comuns são os agrotóxicos, os lodos de estações de tratamento de efluentes (ETE), resíduos petroquímicos, lixo doméstico, resíduos de agroindústrias, entre outros (CHRISTOFIDIS, 2013; STEFFEN *et al.*, 2011).

O monitoramento ambiental permite o conhecimento e o acompanhamento da qualidade da água, por meio da quantificação física, química e biológica, tornando viável o amplo diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica e a avaliação das respostas dos ambientes aquáticos (em termos espaciais e temporais) aos impactos antrópicos na sua área de drenagem ou de influência (CUNHA & CALIJURI, 2010; ANA, 2016).

A água pode servir de veículo para várias impurezas, agentes biológicos e químicos sendo necessário observar os fatores que podem interferir negativamente na sua qualidade. Dentre as substâncias encontradas na água, o composto nitrogenado em seus diferentes estados de oxidação (nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato) pode apresentar riscos à saúde humana. A presença do nitrogênio na água pode ser de origem natural, como matéria orgânica e inorgânica e chuvas; e antrópica, como esgotos domésticos e industriais. O nitrato, um dos mais encontrados em águas naturais, apresenta-se em baixos teores nas águas superficiais, podendo alcançar altas concentrações em águas profundas, como nas fontes minerais, por ser altamente lixiviante nos solos, contaminando corpos d'água e aquíferos subterrâneos(CUNHA *et al.*, 2012; VON SPERLING, 2005).

A consequência da deterioração da qualidade da água é a restrição ao uso. No caso do uso para a irrigação, a utilização de uma água de baixa qualidade pode acarretar problemas de operacionalização em sistemas de irrigação, neste caso, ocorre o risco de contaminação dos alimentos irrigados, comprometendo a qualidade do produto e principalmente a saúde humana (PONTES, MARQUES e MARQUES, 2012).

De acordo com a EMBRAPA, 2010, as águas utilizadas usualmente para irrigação são de origem superficial ou subterrânea, em regiões áridas, as características climáticas e a escassez hídrica, tornam necessário o emprego de outras fontes de água disponível, como as águas residuárias urbanas. A origem de todas elas advém de chuvas, que vão incorporando as substâncias que dissolve ou arrasta dos locais pelos quais escorrem ou infiltram, além de receber os resíduos provenientes das atividades humanas. Estas águas continentais apresentam características diversificadas, dependendo de sua procedência e do grau de contaminação alcançado antes do uso.

Segundo AYERS e WESTCOT, 1999, a avaliação da qualidade da água para irrigação leva em consideração, principalmente, as características físico-químicas.

Para avaliar se um determinado corpo d'água apresenta condições satisfatórias para assegurar os seus usos potenciais, conforme classificação da Resolução CONAMA 357/05 é necessário efetuar a caracterização da água, ou seja, avaliar a sua qualidade (OLIVEIRA, CAMPOS e MEDEIROS;2010).

Diversos índices foram desenvolvidos com base em características físico-químicas da água ou a partir de indicadores biológicos, cabendo ajustes nos pesos e parâmetros para adequação à

realidade regional. Usualmente, estes IQAs (Índice de Qualidade das águas) são baseados em poucas variáveis, cuja definição deve refletir as alterações potenciais ou efetivas, naturais ou antrópicas que a água sofre (BARROS e SOUZA,2012).

Na avaliação da qualidade da água e grau de eutrofização de um corpo hídrico são utilizados Índices de Qualidade da Água (IQA) e Estado Trófico (IET) que determinam a possibilidade de utilização da água para abastecimento público, o enriquecimento por nutrientes e efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou proliferação de macrófitas (ALVES *et al.*, 2012).

### 3.5 IQA – ÍNDICE DA QUALIDADE DA ÁGUA

Alterações no sistema aquático conduzem a prejuízos econômicos, que vão desde a redução da pesca até o aumento do custo de aquisição e tratamento da água. Nesse aspecto, para caracterizar a qualidade da água, uma metodologia que pondera diversos parâmetros consiste no índice de qualidade da água (IQA), permitindo classificar os cursos d'água em classes ou níveis de qualidade. O uso de indicadores físico-químicos da qualidade da água consiste no emprego de variáveis que se correlacionam com as alterações ocorridas na bacia, sejam essas de origem antrópica ou natural (ZANINI *et al.*, 2010).

O uso de índices de qualidade de água é utilizado por programas de monitoramento de água para acompanhar, através de informações de indicadores, a possível deterioração dos recursos hídricos ao longo da bacia hidrográfica ou ao longo do tempo, utilizando variáveis que correlacionam com as alterações, independente da origem (TOLEDO e NICOLELLA, 2002).

O IQA foi criado pelo National Sanitation Foundation (NSF), em 1970, com base em uma pesquisa desenvolvida por 142 especialistas, onde cada um indicou as variáveis que julgava relevante para a determinação da qualidade da água. Ao todo, foram propostas inicialmente 35 variáveis, contudo, somente o oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, nitrato, fosfato total, temperatura da água, turbidez e sólidos totais dissolvidos foram consideradas mais representativas e foi determinado para cada variável um peso ( $w_i$ ) relativo proporcional a sua importância. Para cada parâmetro foi traçada uma curva de qualidade ( $q$ ) (COSTA *et al.*; 2010; ANA, 2016).

A partir dos estudos da NSF diferentes IQAs foram formulados. No Brasil existe diversos IQAs, adaptados para cada bacia hidrográfica ou corpo d'água, levando em consideração as características do local ou de acordo com a necessidade de aplicação, como na determinação de água para abastecimento, irrigação, piscicultura, etc. A CETESB em 1975 adaptou o IQA da NSF, onde substituiu o parâmetro nitrato pelo nitrogênio total (somatório da concentração de nitrito, nitrato e nitrogênio total Kjeldahl) e de sólidos totais dissolvidos por sólidos totais (LOPES e LIBANO, 2005).

A Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler (FEPAM), adaptou o IQA em 1990, quando foi criada a rede integrada do Rio Sinos. Neste caso, a variável temperatura foi excluída, o nitrato foi substituído por nitrogênio amoniacal e todos os pesos ( $w_i$ ) de todas variáveis foram alterados (FEPAM, 2010).

Em execução desde 1997, o Projeto Águas de Minas é responsável pelo monitoramento da qualidade das águas superficiais e subterrâneas, o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) utiliza desde então uma versão adaptada da proposta pela CETESB, também composta por nove parâmetros, com seus respectivos pesos. O IGAM substituiu o nitrogênio total pelo nitrato (IGAM, 2012).

De acordo com a ANA, 2016, a qualidade da água obtida pelo IQA é falha, pois, não avalia parâmetros importantes à saúde pública como substâncias tóxicas, protozoários patogênicos e substâncias organolépticas. Não devendo ser utilizado como único método de avaliação da qualidade da água.

O IQA utilizado na CETESB é calculado pelo produto ponderado da qualidade da água correspondente às variáveis que integram o índice composto por nove variáveis (coliformes fecais, potencial hidrogeniônico (pH), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), nitrogênio total, fósforo total, turbidez, sólidos totais, Oxigênio Dissolvido (OD) e temperatura), com seus respectivos pesos ( $w_i$ ), fixados em função da sua importância para a determinação da qualidade da água, conforme tabelas 3 e 4 respectivamente (CETESB, 2007; BUZELLI e CUNHA, 2013).

Tabela 3 – Variáveis Integrantes do IQA

Variáveis	Descrição	Indicação	Unidade
DBO	É a quantidade de oxigênio consumida.	Indica a quantidade de matéria orgânica biodegradável presente	mgL-1
Ph	Medida da concentração dos Íons de hidrogênio numa solução.	Pode indicar a presença de poluição	Escala de 0 a 14
Turbidez	Expressa propriedades de transmissão da luz de uma solução.	Reflete a penetração da luz ou transparência da água	UNT
Nitrogênio e Fosforo total	São representados por nitratos, nitritos, amônia, fosfatos e outros.	Importantes na produção primária de organismos aquáticos	mgL-1
OD	Expressa a quantidade de oxigênio dissolvida na água.	Fundamental para a sobrevivência de comunidades aquáticas	mgL-1
Sólidos Totais	Possuem características físicas (suspense dissolvidos) e químicas (orgânicos e inorgânicos)	Toda a matéria que permanece como resíduo na água	mgL-1
Colifórmes Termotolerantes	Constituem o indicador de contaminação fecal mais comum	Usado na caracterização e avaliação da qualidade das águas	UFC/100ml
Temperatura	Pode influir nas atividades biológicas, absorção de oxigênio e precipitação dos compostos.	Quando elevada, resulta na perda de gases pela água, gerando odores e desequilíbrios.	C°

Fonte: BARROS e SOUZA, 2012.

Tabela 4: Pesos das Variáveis do IQA

<b>Parâmetros</b>	<b>(Peso)W</b>
OD	0,17
Coliformes fecais	0,15
pH	0,12
DBO	0,1
Nitrato	0,1
Fósforo total	0,1
Temperatura	0,1
Turbidez	0,08
Resíduos totais	0,08

Fonte: ANA, 2016.

Para cálculo do IQA usa se a Equação 1:

$$IQA = \prod_{i=1}^9 q_i^{w_i} \quad \text{Eq.(01)}$$

Sendo:

$q_i$ : qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva “curva média de variação de qualidade”, em função de concentração ou medida;

$w_i$ : peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade;

$i$  = número do parâmetro, variando de 1 a 9 ( $n=9$ , ou seja, o número de parâmetros que compõem o IQA é 9);

O somatório dos pesos de todos os parâmetros é igual a 1, conforme a expressão a seguir:

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad \text{Eq. (2)}$$

Sendo:

n: número de parâmetros que entram no cálculo do IQA

Os valores finais do IQA são expressos em categorias de qualidade e podem ser representados por cores, facilitando a interpretação dos resultados. Os valores do índice (IQA) variam entre 0 e 100 (Tabela 5) (ANA,2016). E, conforme o seu valor, reflete a interferência por esgotos sanitários e outros materiais orgânicos, nutrientes e sólidos (BARROS E SOUZA, 2012).

Tabela 5: Classificação do IQA

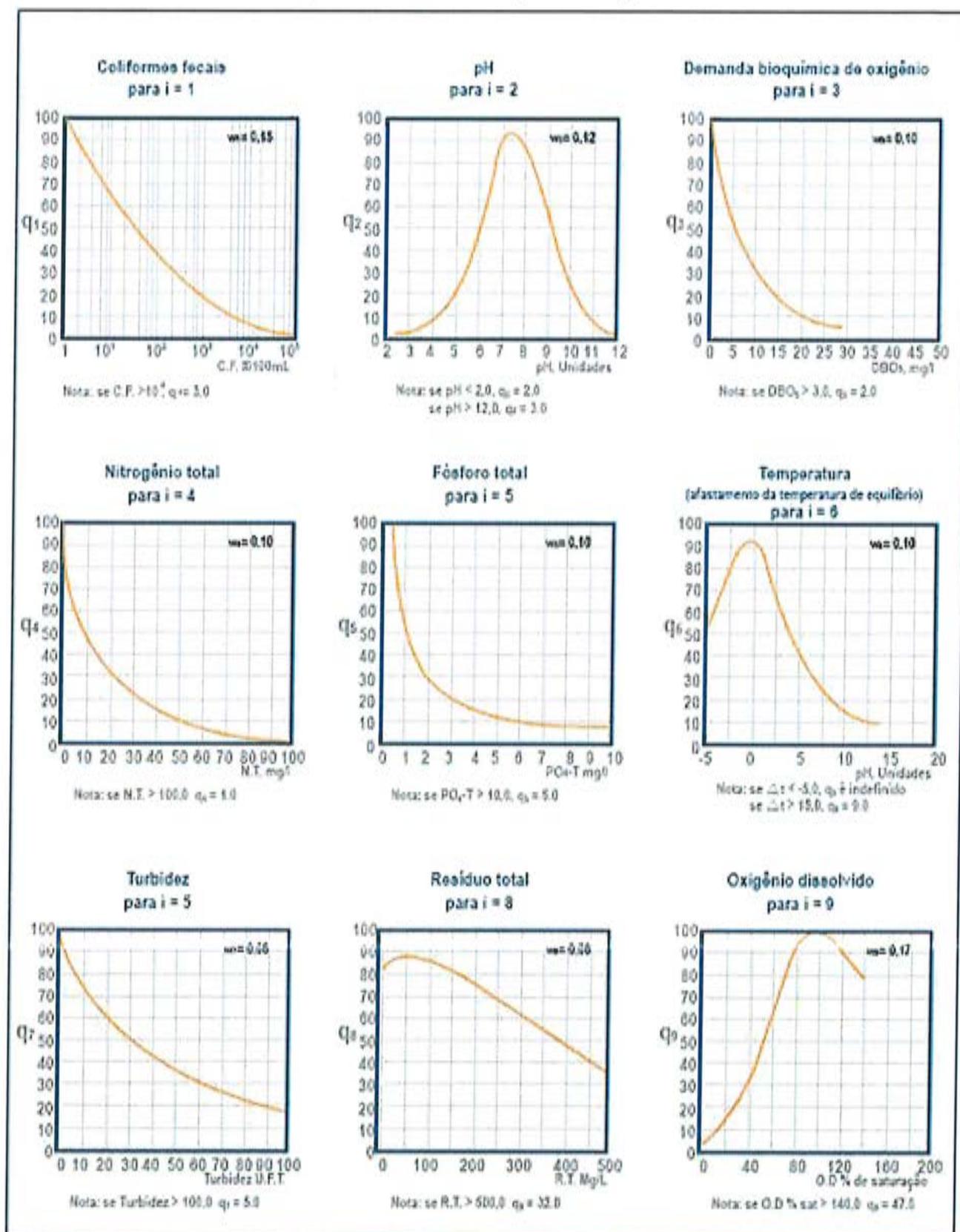
Categorias	Ponderação
Ótima	$79 < IQA < 100$
Boa	$51 < IQA < 79$
Regular	$36 < IQA < 51$
Ruim	$19 < IQA < 36$
Péssima	$IQA < 19$

Fonte: ANA, 2016

As variáveis de qualidade que fazem parte do cálculo do IQA refletem, principalmente, a contaminação dos corpos hídricos ocasionada pelo lançamento de esgotos domésticos. O índice foi desenvolvido para avaliar a qualidade das águas, tendo como determinante principal a sua utilização para abastecimento público, considerando aspectos relativos ao tratamento dessas águas (COSTA E FERREIRA, 2015).

Além de seu peso (w), cada parâmetro possui um valor de qualidade (q), obtido do respectivo gráfico de qualidade em função de sua concentração ou medida (figura 1) (ANA, 2016).

Figura 1 - Gráfico de qualidade (q)



Fonte: ANA, 2016.

### 3.6 - Índice de Estado Trófico (IET)

Dentro da liminologia, o estudo dos corpos d'água com relação ao seu grau de eutrofização, a qual pode ser definida como o processo de enriquecimento por nutrientes de um corpo d'água, seja por processo natural ou antrópico, teve início com Neumann (1919,1929) e Thienemann (1925,1931). Esta abordagem de classificação tipológica consistia em conferir a diferentes lagos uma categoria de estado trófico, variando de oligotrófico, mesotrófico e eutrófico. Neumann define o estado trófico como uma resposta biológica de lagos a introdução de nutrientes (LAMPARELLI,2004).

Os termos oligotrófico e eutrófico, também eram originalmente utilizados no início do século XX para descrever as condições relativas a nutrientes no desenvolvimento de turfeiras, pois um ambiente oligotrófico apresenta baixa concentração de nutrientes e baixa produtividade primária, ao contrário de um ambiente eutrófico(ANA, 2015).

Diferentemente do processo natural de eutrofização, cuja escala é geológica, no qual os ambientes tendem a passar de uma condição oligotrófica para a mesotrófica e finalmente para a eutrófica resultando no seu assoreamento e desaparecimento, o fenômeno de aceleração antrópica do processo de eutrofização pode ser observado em uma escala de tempo mais curta. Ele está, na maioria das vezes, associado ao aumento da contribuição de esgotos para os corpos d'água. Este fenômeno tem sido muito prejudicial e podendo causar muitos danos, por exemplo: a diminuição da diversidade de espécies e modificação da biota dominante, aumento da biomassa de plantas e animais, aumento da turbidez, aumento da taxa de sedimentação, diminuição da vida útil dos reservatórios, possibilidade de desenvolvimento de condições anóxicas, o tratamento da água pode ser dificultado e o suprimento de água pode vir a ter odor e gosto inaceitável, o aumento da vegetação aquática pode impedir o fluxo de água e a navegação, etc(LAMPARELLI, 2004).

O IET (Índice do Estado Trófico) tem por finalidade classificar corpos d'água em diferentes graus de trofia, ou seja, avalia a qualidade da água quanto ao enriquecimento por nutrientes e seu efeito relacionado ao crescimento excessivo das algas ou ao aumento da infestação de macrófitas aquáticas. Dessa forma, foi possível estabelecer o Índice de Estado Trófico para ambientes lóticos (Córregos e Rios) e para ambientes lênticos (Reservatórios), segundo as equações(LAMPARELLI, 2004; CETESB,2007).

**- Córregos e rios:**

$$\text{IET (CL)} = 10x \left( 6 - \left( \frac{-0,7 - 0,6x(\ln \text{CL})}{\ln 2} \right) \right) - 20 \quad \text{Eq. 3}$$

$$\text{IET (PT)} = 10x \left( 6 - \left( \frac{0,42 - 0,36x(\ln \text{PT})}{\ln 2} \right) \right) - 20 \quad \text{Eq. 4}$$

**- Reservatórios:**

$$\text{IET (CL)} = 10x \left( 6 - \left( \frac{0,92 - 0,34x(\ln \text{CL})}{\ln 2} \right) \right) \quad \text{Eq. 5}$$

$$\text{IET (PT)} = 10x \left( 6 - \left( 1,77 - \frac{0,42x(\ln \text{PT})}{\ln 2} \right) \right) \quad \text{Eq. 6}$$

Sendo:

PT: concentração de fósforo total medida à superfície da água, em  $\mu\text{g/L}$ ;

CL: concentração de clorofila a medida à superfície da água, em  $\mu\text{g/L}$ ;

ln: logaritmo natural.

O cálculo do Índice de Estado Trófico (IET) é baseado em duas variáveis, a clorofila a e o fósforo total, sendo o IET final resultante da média aritmética simples dos índices anuais relativos ao fósforo total e a clorofila-a (CETESB, 2007).

$$IET = \frac{[IET (PT) + IET (CL)]}{2} \quad \text{Eq. 7}$$

A partir do valor encontrado o corpo hídrico recebe uma classificação (Tabela 6).

Tabela 6 - Classificação do IET

Ultraoligotrófico	$IET \leq 47$
Oligotrófico	$47 < IET \leq 52$
Mesotrófico	$52 < IET \leq 59$
Eutrófico	$59 < IET \leq 63$
Supereutrófico	$63 < IET \leq 67$
Hipereutrófico	$IET > 67$

(BUZELLI E CUNHA, 2013)

Determinar o estado trófico é uma ação fundamental para obtenção de informações sobre o corpo de água, pois seu conhecimento permite descrever as relações bióticas e abióticas desse ecossistema. A avaliação do estado trófico da água é muito importante para o manejo sustentável dos recursos hídricos. Quanto aos nutrientes, tanto o fósforo como o nitrogênio são determinantes no processo de degradação da água, porém o fósforo é a principal causa do processo de eutrofização (ZANINI *et al.*, 2010).

### 3.7 Qualidade da água para irrigação

A qualidade da água para irrigação, segundo Embrapa, 2010 se define em função de três critérios básicos: Salinidade, sodicidade e toxicidade. A salinidade avalia o risco de que o uso da água ocasione altas concentrações de sais, com o correspondente efeito osmótico e diminuição da produção. A sodicidade analisa o risco de que se induza uma elevada

porcentagem de sódio trocável (PST), com deterioração da estrutura do solo. A toxicidade avalia os problemas de determinados íons acumulados nos tecidos das plantas.

AYERS e WESTCOT, 1999, adaptaram as análises laboratoriais necessárias para avaliar a água para irrigação (tabela 7).

Tabela 7 - Análises laboratoriais necessárias para avaliar a água para irrigação

Parâmetros	Símbolo	Unidade <sup>1</sup>	Intervalo usual na água de irrigação	Fatores de conversão
<b>SALINIDADE</b>				
Conteúdo de sais				
Condutividade Elétrica ou Total de Sais Dissolvidos	CEai TSD	dS m <sup>-1</sup> mg L <sup>-1</sup>	0 - 3 0 - 2.000	P <sub>e</sub> = 0,36 CE (atm) (dS m <sup>-1</sup> )
<b>CÁTIONES E ÂNIONES</b>				
				<b>Pe<sup>2</sup></b>
Cálcio	Ca <sup>2+</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 20	20,04
Magnésio	Mg <sup>2+</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 5	12,16
Sódio	Na <sup>+</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 40	22,99
Carbonatos	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 0,1	30,00
Bicarbonatos	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 10	61,02
Cloretos	Cl <sup>-</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 30	35,45
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	meq L <sup>-1</sup>	0 - 20	48,03
<b>NUTRIENTES<sup>3</sup></b>				
Nitrato – Nitrogênio	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	mg L <sup>-1</sup>	0 - 10	62,00
Amoníaco – Nitrogênio	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N	mg L <sup>-1</sup>	0 - 5	18,04
Fosfato – Fósforo	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> - P	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2	31,66
Potássio	K <sup>+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2	39,10
<b>VARIOS</b>				
Boro	B <sup>3+</sup>	mg L <sup>-1</sup>	0 - 2	3,60
Acidez ou Alcalinidade	pH		6 - 8,5	
Razão de Adsorção de Sódio	RAS	(mmol/L) <sup>1/2</sup>	0 - 15	

Fonte: Embrapa, 2010.

A interpretação da qualidade da água para irrigação deve relacionar os parâmetros analisados com os efeitos no solo, na cultura e no manejo da irrigação, os quais são necessários para controlar ou compensar os problemas relacionados com a qualidade da água (BERNARDO, SOARES E MANTOVANI, 2005).

A definição favorável à utilização de uma água para fins de irrigação depende, não somente das condições químicas que apresenta, mas também das características físico-químicas dos solos em que vão ser aplicadas, assim como da susceptibilidade e resistência dos cultivos que vão ser irrigados (EMBRAPA, 2010).

A utilização de água de irrigação de baixa qualidade pode gerar problemas de operacionalização em sistemas de irrigação, interferindo nas propriedades do solo, e principalmente, pode interferir na qualidade da cultura irrigada (ARAÚJO *et al.*, 2015).

No Brasil, a questão da qualidade da água para culturas irrigadas pode ser observada através da Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), o qual relaciona os parâmetros a serem quantificados, a tabela 8 expressa essa relação. Ainda de acordo com a mesma, as águas utilizadas para irrigação de hortaliças ou plantas frutíferas que se desenvolvam rentes ao solo e que são consumidas cruas, sem remoção de casca ou película, não devem ser poluídas por excrementos humanos, ressaltando-se a necessidade de inspeções sanitárias periódicas.

Tabela 8 - Qualidade da água para irrigação

<b>Águas Doces</b>	
Classe I	Águas destinadas à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas.
Classe II	Águas destinadas à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas.
Classe III	Águas destinadas à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras.

Fonte: Resolução CONAMA 357/2005

Os efeitos nocivos das águas de qualidade limitada no sistema solo-planta têm sido verificados na prática e podem interferir significativamente nos atributos edáficos e no desempenho produtivo das culturas (CAVALCANTE, 2000).

De acordo com BERNARDO, SOARES e MANTOVANI, (2005), para avaliar a água para irrigação devem ser levados em consideração seis parâmetros: I- salinidade; II- Razão de Adsorção do Sódio (RAS); III- tóxicos; IV- Aspectos sanitários; V- Concentração de bicabornato e VI- Entupimento de emissores. Para se avaliar o efeito da água de irrigação na infiltração do solo, deve-se analisar conjuntamente a Razão de Adsorção de Sódio (RAS) e a salinidade.

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}} \quad \text{Eq. 8}$$

Onde as concentrações de Na, Ca e Mg estão em multiequivalente por litro.

Enquanto o problema de infiltração reduz a quantidade de água que penetra na zona radicular, a salinidade reduz a disponibilidade de água que já se encontra armazenada nela. A capacidade de infiltração de um solo cresce com o aumento de sua salinidade e decresce com o aumento da razão de adsorção de sódio (RAS) e, ou, com o decréscimo de sua salinidade (SILVA *et al.*, 2011).

### 3.8 Legislação Aplicada aos Recursos Hídricos

#### 3.8.1 Decreto nº24.643/1934 – Código de águas brasileiro

O Brasil vem produzindo, desde o início do século passado, legislações e políticas públicas que buscam paulatinamente valorizar seus recursos hídricos. A crise econômica no final do século XIX e no início do século XXI, centrada na troca do modelo econômico (de agrário para industrial), exigiu uma maior utilização da energia elétrica para a geração de riquezas. Nesse contexto socioeconômico, foi publicado o Decreto nº24.643, de 10 de julho de 1934, denominado Código de Águas Brasileiro. Mesmo voltado para a priorização da energia elétrica, o Código de Águas de 1934, como ficou conhecido, inicia um trabalho de mudança de conceitos relacionados ao uso e à propriedade da água. Esse Código, que foi criado com a finalidade de estabelecer o regime jurídico das águas no Brasil, dispõe sobre sua classificação, sua utilização e sobre o aproveitamento do potencial hidráulico, fixando as respectivas limitações administrativas de interesse público. Encontram-se nele positivados os primeiros dispositivos legais que tratam da cobrança pelo uso da água (CETESB, 2016).

O artigo 43 aborda a outorga, ao citar que as águas públicas não podem ser derivadas para as aplicações da agricultura, da indústria e da higiene, sem a existência de concessão administrativa, no caso de utilidade e, não se verificando de autorização administrativa, que será dispensada, todavia, na hipótese de derivações insignificantes. (BRASIL, 1934, art. 43)

Também o artigo 139 aborda o instrumento da outorga ao citar que o aproveitamento industrial das quedas de água e outras fontes de energia hidráulica – quer de domínio público, quer de domínio particular, far-se-á pelo regime de autorizações e concessões instituídas neste Código. (BRASIL, 1934, art. 139).

Segundo Souza (1997), a aplicação do Código de Águas – juntamente com a evolução dos problemas socioeconômicos do país – possibilitou alterações no modelo de administração pública e de novas normas legais.

### **3.8.2 - Lei nº 9.433/1997 – Política Nacional dos Recursos Hídricos**

A política nacional de recursos hídricos (PNRH) tem como um de seus objetivos assegurar a atual e as futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequada aos respectivos usos (Capítulo II, Art. 2º, I PNRH/1997).

Fundamentando que a água é um bem de domínio público, limitado e dotado de valor econômico e que a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas, sendo priorizado nos casos de escassez o uso para consumo humano e dessedentação animal (Cap. I, art. 1º I, II, III E IV; PNRH /1997).

O enquadramento dos corpos hídricos em classes e a outorgados direitos de uso dos recursos hídricos são alguns dos instrumentos da PNRH (Art 5º Cap IV, II E III, PNRH /1997) e visa a assegurar as águas de qualidade compatível com o uso mais exigente a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes (seção II Art 9º I e II, PNRH /1997).

As classes de corpos de água são estabelecidas pela resolução CONAMA 357/2005, alterada pela resolução CONAMA 410/2009 e 430/2011.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos e o efetivo exercício dos direitos de acesso a água (seção II art 11, PNRH /1997).

O uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural independe de outorga pelo poder público (Seção II Art 12, §1º, I, PNRH /1997).

Segundo a Seção VI, Art 20 da PNRH /1997, somente serão cobrados os usos de recursos hídricos outorgáveis.

### **3.8.3 - Resolução CONAMA N° 357/ 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. Considerando ser a classificação das águas doces, salobras e salinas essencial a defesa de seus níveis de qualidade, avaliados por condições e padrões específicos, de modo a assegurar seus usos preponderantes; o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado não necessariamente no seu estado atual, mas nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da comunidade. Considerando que a saúde e o bem-estar humano, bem como o equilíbrio ecológico aquático, não devem ser afetados pela deterioração da qualidade das águas; Considerando a necessidade de se reformular a classificação existente, para melhor distribuir os usos das águas, melhor especificar as condições e padrões de qualidade requeridos, sem prejuízo de posterior aperfeiçoamento; e considerando que o controle da poluição está diretamente relacionado com a proteção da saúde, garantia do meio ambiente ecologicamente equilibrado e a melhoria da qualidade de vida, levando em conta os usos prioritários e classes de qualidade ambiental exigidos para um determinado corpo de água; resolve: Art. 1º Esta Resolução dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento dos corpos de água superficiais, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

De acordo com o Cap II Seção I Art 4º, as águas doces destinadas a irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer com os quais o público possa vir a ter contato direto são classificadas como Classe II d.

Os padrões de qualidade das águas determinados nesta resolução estabelecem os limites individuais para cada substância em cada classe (Cap III, seção I, art 7º).

A seção II, art 15 diz que aplica-se as águas doces de classe 2 as condições e padrões da classe 1, conforme alguns exemplos expostos na tabela 9, com exceção dos itens da tabela 8.

Tabela 9 – Exemplos de Padrões Classe 1

CLASSE 1 - ÁGUAS DOCES	
PADRÕES	
PARÂMETROS	VALOR MÁXIMO
Clorofila <i>a</i>	10 µg/L
Sólidos dissolvidos totais	500 mg/L
PARÂMETROS INORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Ferro dissolvido	0,3 mg/L Fe
Fósforo total (ambiente lântico)	0,020 mg/L P
Fósforo total (ambiente intermediário, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lântico)	0,025 mg/L P
Fósforo total (ambiente lótico e tributários de ambientes intermediários)	0,1 mg/L P
Nitrato	10,0 mg/L N
Nitrito	1,0 mg/L N
Nitrogênio amoniacal total	3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,0 1,0 mg/L N, para 8,0 < pH ≤ 8,5 0,5 mg/L N, para pH >8,5
PARÂMETROS ORGÂNICOS	VALOR MÁXIMO
Glifosato	65 µg/L

Fonte -

CONAMA 357/05

Tabela 10 – Exceções de condições e padrões das águas doces Classe 2

I	Não será permitida a presença de corantes provenientes de fontes antrópicas que não sejam removíveis por processo de coagulação, sedimentação e filtração convencionais;
II	Coliformes termotolerantes: para uso de recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA n° 274, de 2000. Para os demais usos, não deverá ser excedido um limite de 1.000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros em 80% ou mais de pelo menos 6 (seis) amostras coletadas durante o período de um ano, com frequência bimestral. A <i>E. colip</i> oderá ser determinada em substituição ao parâmetro coliforme termotolerante de acordo com limites estabelecidos pelo órgão ambiental competente;
III	Cor verdadeira: até 75 mgPt/L;
IV	Turbidez: até 100 UNT;
V	DBO 5 dias a 20°C até 5 mg/L O <sub>2</sub> ;
VI	OD não inferior a 5 mg/L O <sub>2</sub> ;
VII	Clorofila <i>a</i> : até 30 µg/L;
VIII	Densidade de cianobactérias: até 50000 cel/mL ou 5 mm <sup>3</sup> /L;
IX	Fósforo total: a) Até 0,030 mg/L, em ambientes lênticos b) Até 0,050 mg/L, em ambientes intermediários, com tempo de residência entre 2 e 40 dias, e tributários diretos de ambiente lênticos.

Fonte: CONAMA 357/05

O enquadramento dos corpos de água dar-se-á de acordo com as normas e procedimentos definidos pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH e conselhos estaduais de recursos hídricos (Cap V, art 38).

#### 3.8.4. Resolução CONAMA n° 420 / 2009

Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas.

Esta resolução dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias em decorrência de atividades antrópicas (Cap I, art 1º).

CapI, art. 3º,parágrafo único diz que a proteção do solo deve ser realizada de maneira preventiva, a fim de garantir a manutenção da sua funcionalidade ou, de maneira corretiva, visando restaurar sua qualidade ou recuperá-la de forma compatível com os usos previstos. São funções principais do solo: I - servir como meio básico para a sustentação da vida e de habitat para pessoas, animais, plantas e outros organismos vivos; II - manter o ciclo da água e dos nutrientes; III - servir como meio para a produção de alimentos e outros bens primários de consumo; IV - agir como filtro natural, tampão e meio de adsorção, degradação e transformação de substâncias químicas e organismos; V - proteger as águas superficiais e subterrâneas; VI - servir como fonte de informação quanto ao patrimônio natural, histórico e cultural; VII - constituir fonte de recursos minerais; e VIII - servir como meio básico para a ocupação territorial, práticas recreacionais e propiciar outros usos públicos e econômicos.

Os solos são classificados de acordo com a concentração de substâncias químicas conforme Tabela 11.

Tabela 11 - Classificação dos solos de acordo com a concentração de substâncias químicas

CLASSE I	Solos que apresentam concentrações de substâncias químicas menores ou iguais ao valor de referência de qualidade (VRQ);
CLASSE II	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior do que o VRQ e menor ou igual ao valor de prevenção (VP);
CLASSE III	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química maior que o VP e menor ou igual a classe 4
CLASSE IV	Solos que apresentam concentrações de pelo menos uma substância química

Fonte: CONAMA 420/2009 (Cap II, art 13º, I ao IV).

CapIII,art. 15 diz que as concentrações de substâncias químicas no solo resultantes da aplicação ou disposição de resíduos e efluentes, observada a legislação em vigor, não poderão

ultrapassar os respectivos VPs. Segundo o art. 16 são procedimentos para avaliação das concentrações de substâncias químicas e controle da qualidade do solo, dentre outros: I - realização de amostragens e ensaios de campo ou laboratoriais, de acordo com os artigos 17, 18 e 19; II - classificação da qualidade do solo conforme artigo 13; e III - adoção das ações requeridas conforme estabelecido no artigo 20.

### **3.8.5 Portaria nº 2.914/2011**

Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Segundo o Cap I, Art. 3º toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.

Fica definido no Cap II, art 5º, I e II que: água para consumo humano é toda água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem; água potável é a água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;

A água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, conforme disposto no Anexo I e demais disposições desta Portaria (CapV,Art 27).

Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água e as autoridades de saúde pública devem, em conjunto, elaborar um plano de ação e tomar as medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade (Cap.VIII, Art.44).

### 3.7.6 Resolução CONAMA nº 274 / 2000

Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Considerando que a saúde e o bem-estar humano podem ser afetados pelas condições de balneabilidade.

As águas doces, salobras e salinas destinadas à balneabilidade (recreação de contato primário) terão sua condição avaliada nas categorias própria e imprópria. As águas consideradas próprias poderão ser subdivididas nas seguintes categorias (Tabela 12):

Tabela 12 – Subdivisão de águas categoria própria

Excelente	Quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 <i>Escherichia coli</i> ou 25 enterococos por 100 mililitros;
Muito Boa	quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo, 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 <i>Escherichia coli</i> ou 50 enterococos por 100 mililitros;
Satisfatória	Satisfatória: quando em 80% ou mais de um conjunto de amostras obtidas em cada uma das cinco semanas anteriores, colhidas no mesmo local, houver, no máximo 1.000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 <i>Escherichia coli</i> ou 100 enterococos por 100 mililitros

Fonte: CONAMA 274/2000 Art 2º, § 1º, a,b e c.

O art2º ,§ 4º diz que as águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado, for verificada uma das seguintes ocorrências (Tabela 13):

Tabela 13 - Ocorrências para classificação de águas impróprias

<b>A</b>	Não atendimento aos critérios estabelecidos para as águas próprias;
<b>B</b>	Valor obtido na última amostragem for superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 <i>Escherichia coli</i> ou 400 enterococos por 100 mililitros;
<b>C</b>	Incidência elevada ou anormal, na Região, de enfermidades transmissíveis por via hídrica, indicada pelas autoridades sanitárias;
<b>D</b>	Presença de resíduos ou despejos, sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos, graxas e outras substâncias, capazes de oferecer riscos à saúde ou tornar desagradável à recreação;
<b>E</b>	pH < 6,0 ou pH > 9,0 (águas doces), à exceção das condições naturais;
<b>F</b>	Floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana;
<b>G</b>	Outros fatores que contra indiquem, temporária ou permanentemente, o exercício da recreação de contato primário.

Fonte- CONAMA n° 274/00

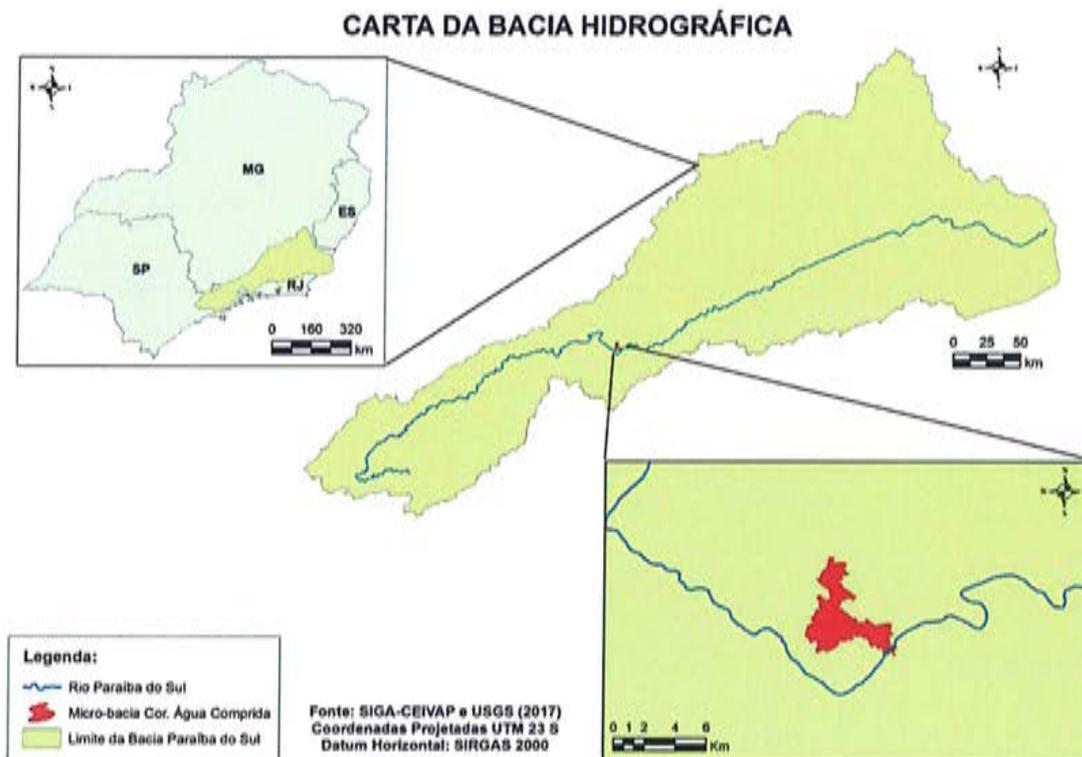
Fica especificado no Art. 7º que os métodos de amostragem e análise das águas devem ser os especificados nas normas aprovadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normatização e Qualidade Industrial-INMETRO ou, na ausência destas, no Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater-APHA-AWWA-WPCF, última edição (CONAMA n° 274/2000).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

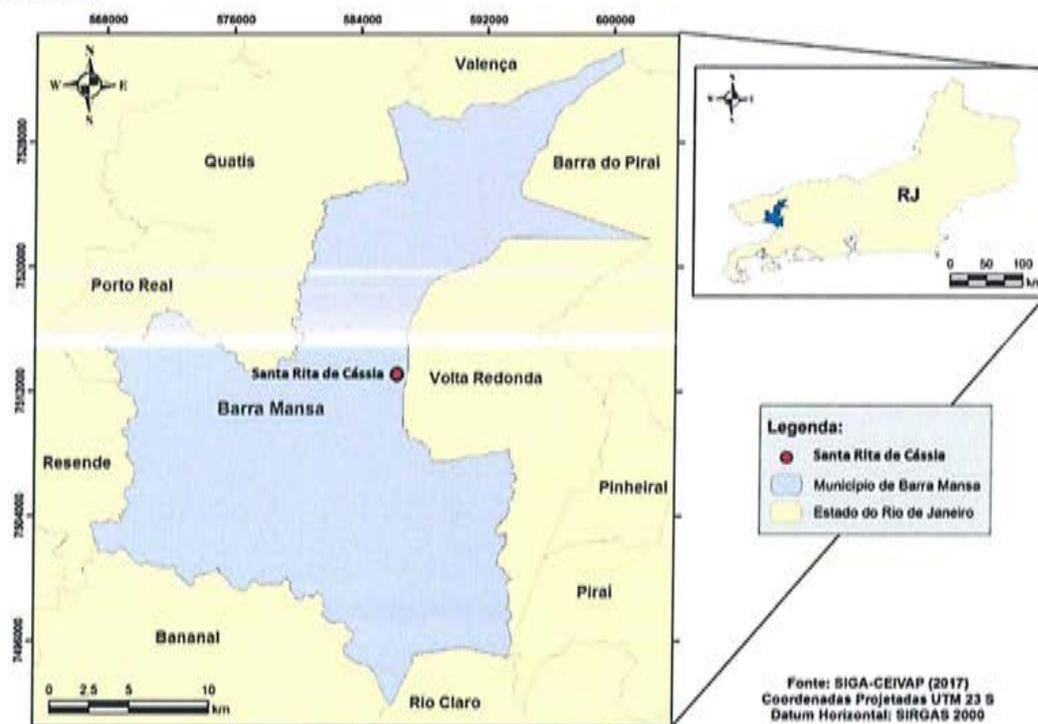
### 4.1 Caracterização do local

A área de estudo compreende a microbacia hidrográfica do Córrego Água Comprida, pertencente à bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (Figura 2), na região do distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa / RJ (Figuras 3 e 4). O distrito se encontra a 22°29'32,05" Sul e 44°09'55,88" Oeste e possui clima mesotérmico, com verões quentes e chuvosos e inverno seco. A umidade relativa do ar varia entre 69% e 77% e a temperatura média local se encontra entre 22 e 25°C, sendo as mais baixas observadas no período de maio a setembro (média mínima de 13,7°) e as mais altas entre novembro e março (média máxima de 29,7°). O período de chuvas está entre os meses de outubro a abril, com pluviosidade de 1.192,8 mm/ano. A precipitação média anual varia em torno de 1.592,5 mm de chuva, sendo de dezembro a março o período mais chuvoso, com média de 247,87 mm/mês, e de maio a setembro o mais seco, com média de 36,02 mm/mês (PMBM, 2015). Ainda, segundo GOMES *et al.* (2009), há no distrito aproximadamente 102 nascentes, sendo que a maioria se apresenta em alta grau de degradação.

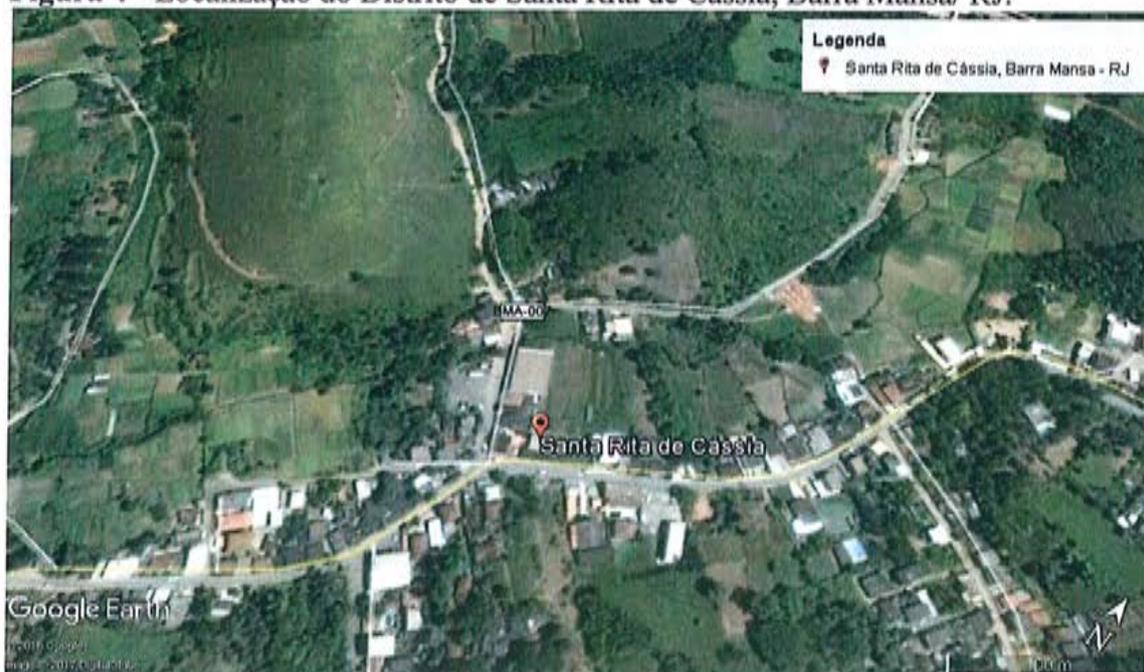
**Figura 2 -** Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul e Microbacia Córrego Água Comprida.



**Figura 3 -** Mapa da localização do município de Barra Mansa, no Estado do Rio de Janeiro.



**Figura 4 - Localização do Distrito de Santa Rita de Cássia, Barra Mansa/ RJ.**



**Fonte:** Adaptado de Google

A principal atividade desenvolvida no distrito é o cultivo de hortaliças, contando atualmente com aproximadamente 160 horticultores, sendo alface e couve as principais culturas produzidas. Há também pequenas produções de milho, abóbora, chuchu e jiló. A produção é totalmente escoada nos mercados da região, sendo eles restaurantes, supermercados, escolas e hospitais (DIÁRIO DO VALE, 2016).

#### **4.2 Qualidade da Água**

Para determinação da qualidade da água, foram coletadas amostras da mesma ao longo do Córrego Água Comprida, nas proximidades dos canteiros plantados com hortaliças. Para tal, analisou-se parâmetros de qualidade, como Cloretos, Condutividade elétrica, Cor aparente, Cor verdadeira, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBOe DBO<sub>5,20</sub>), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Dureza Total, Ferro, Fósforo Total, Nitrato, Nitrito, Oxigênio Dissolvido (OD), pH, Salinidade, Sódio Total, Sólidos Dissolvidos Totais, Sólidos Totais, Temperatura e Turbidez, além de parâmetros microbiológicos, como *Escherichia coli*. Destaca-se ainda que foi avaliado o teor do defensivo agrícola glifosato nas águas do Córrego Água Comprida.

De acordo com a Portaria Minter nº 86 (1981), o trecho do Rio Paraíba do Sul que compreende a área em estudo é classificado como Classe II, segundo o enquadramento de corpos hídricos em classes, instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Brasil, 1997). Sendo assim, pôde-se determinar se o corpo d'água em questão manteve-se com a qualidade da água de seu enquadramento, de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357 (Brasil, 2005).

Ainda a fim de determinar a qualidade da água na microbacia hidrográfica Córrego Água Comprida, foram estabelecidos o Índice de Estado Trófico (IET), através do parâmetro fósforo total, e o Índice de Qualidade da Água (IQA) estabelecido e utilizado pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), utilizando 9 parâmetros de qualidade: Oxigênio Dissolvido, Coliformes Termotolerantes, pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio, Nitrato, Fosfato Total, Temperatura da água, Turbidez e Sólidos Totais. Além disso, avaliou-se a qualidade da água do Córrego, nas proximidades dos canteiros, para fins de irrigação, através de parâmetros como Condutividade elétrica (CE), Sais dissolvidos totais (SDT), Sódio ( $\text{Na}^+$ ), Cloro ( $\text{Cl}^-$ ), Nitrogênio ( $\text{NO}_3 - \text{N}$ ) e pH.

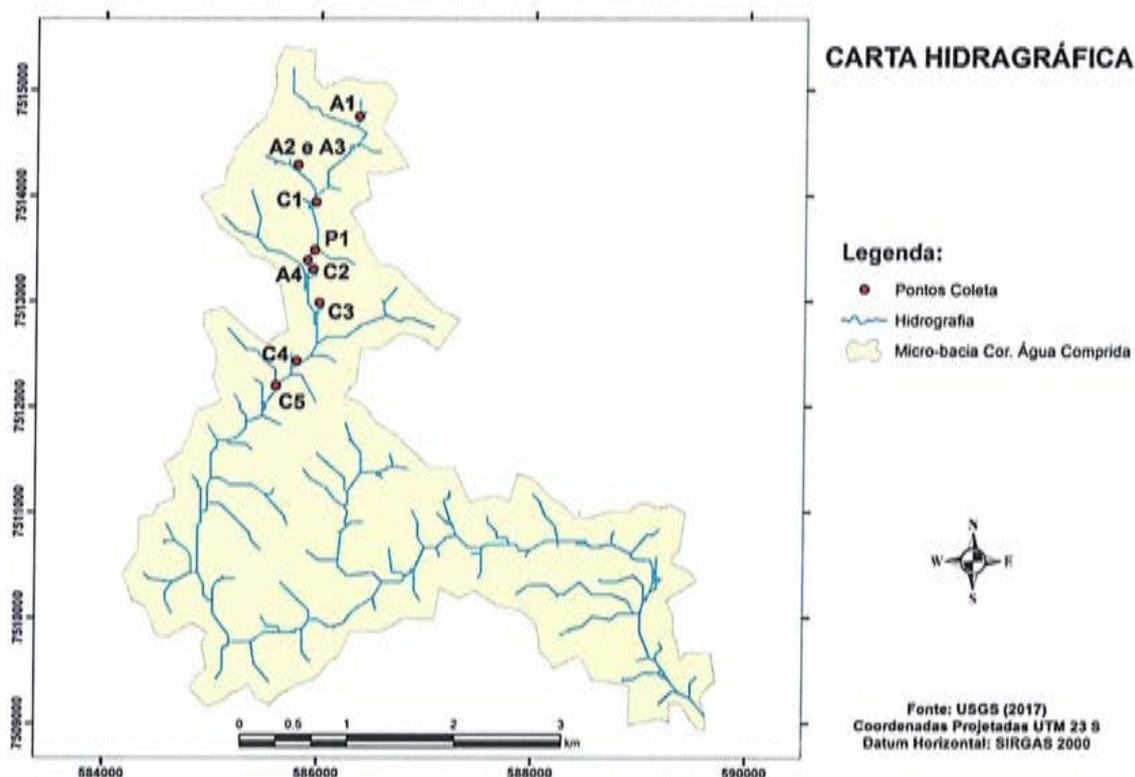
#### **4.2.1 Coletas**

Foram selecionados 10 pontos amostrais, com a finalidade de obter boa representatividade da região de estudo, e em seguida foi feita a divisão dos mesmos em 3 tipologias diferentes: Açude (A), Curso d'água (C) e Poço (P). No total foram analisadas águas de quatro açudes, cinco pontos de curso d'água e água de um poço, numerando-os de montante para jusante.

Os pontos A1, A2 e A3, açudes mais à montante da bacia hidrográfica, foram escolhidos uma vez que se assumiu que são os que apresentam menor influência do uso e ocupação do solo. O ponto C1 drena uma área onde há maior ocupação agrícola e também já se encontram algumas residências, logo estimou-se que já haja certa influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água. O ponto A4 se encontra em um açude localizado no meio da horta e, assim como o ponto C2, esperou-se observar esta influência nas análises, uma vez que ambos contemplam uma área ainda maior de contribuição. A partir do ponto C3 já se começou a observar, além da influência das

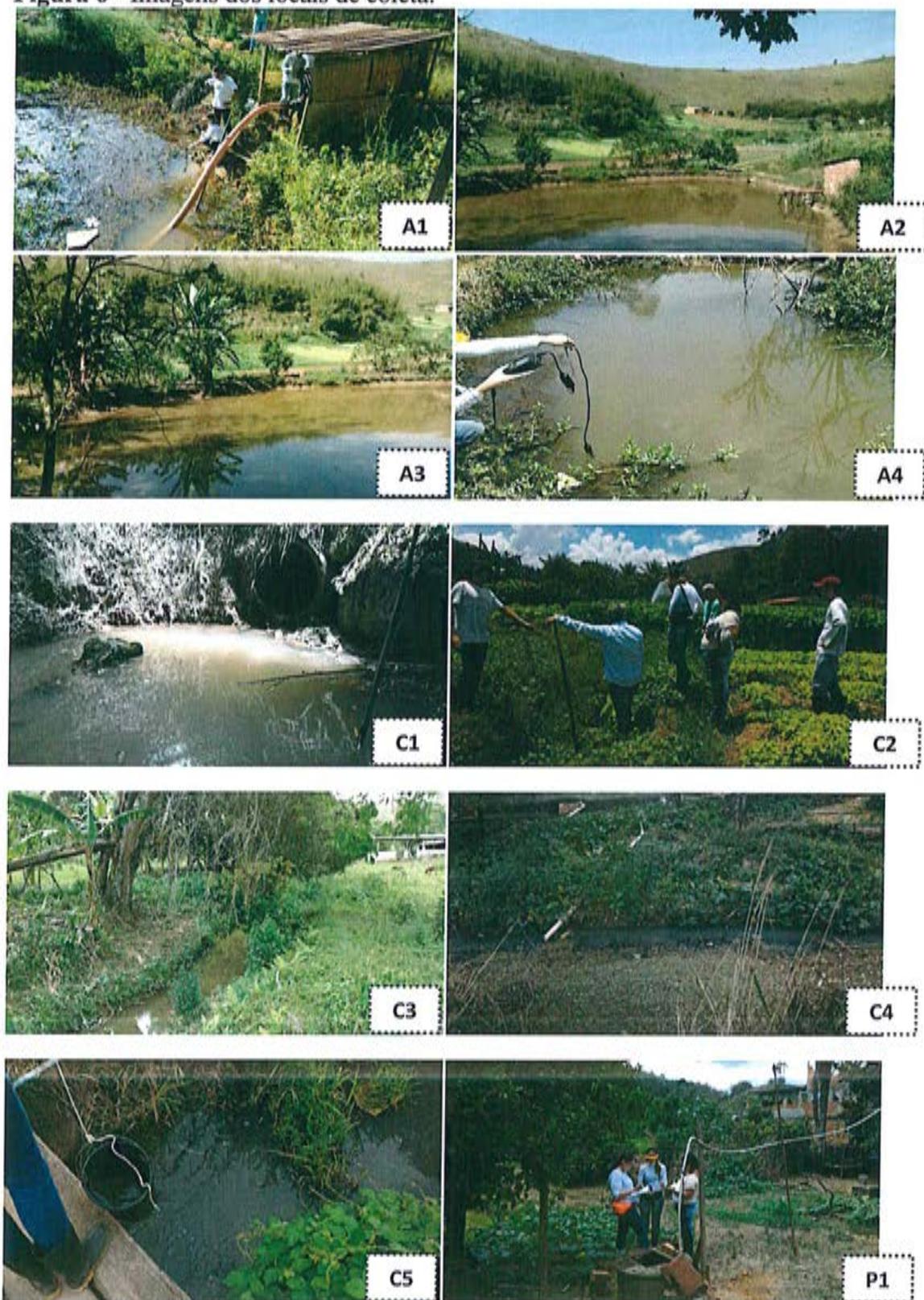
hortaliças, a relevante contribuição de lançamento de efluentes domésticos e sanitários. Os Pontos C4 e C5, mais à jusante, são os que mais sofrem influência tanto da horticultura quanto dos lançamentos domésticos e sanitários, logo se esperou que apresentassem os piores resultados de qualidade da água. Finalmente, o ponto P1 foi escolhido por se tratar de um poço, o qual permitirá a avaliação da qualidade da água subterrânea, para fins comparativos. Na Figura 5 está elucidada a delimitação da microbacia hidrográfica Córrego Água Comprida, com a localização de cada ponto e na Figura 5 apresentam-se imagens dos locais de coleta, no dia da mesma.

**Figura 5** - Localização de cada ponto de coleta, na Micro Bacia Hidrográfica Córrego Água Comprida.



Justifica-se as coletas na porção mais à montante da bacia hidrográfica pois é a área onde se encontra maior ocupação do solo pela atividade agrícola.

**Figura 6 -** Imagens dos locais de coleta.



Fonte: Arquivo pessoal.

As coletas das amostras de água nos pontos selecionados foram realizadas no dia 3 de novembro de 2016, seguindo a ordem de montante para jusante, e iniciaram-se às 08h30min, com condições de tempo estáveis. A última coleta foi realizada às 16h00min, com tempo nublado.

Nos locais da coleta, foram recolhidos alguns dados iniciais, como coordenadas dos pontos das amostras, através de aparelho de GPS, modelo *Garmin etrex venture cx* (Figura 7). Utilizando duas sondas multiparamétricas, modelos *Hanna HI9828* e *HachHQ40d* (Figura 7), foi possível determinar alguns parâmetros *in loco*, como pH, temperatura, condutividade elétrica, sólidos dissolvidos totais, salinidade, resistividade e oxigênio dissolvido. Para os demais parâmetros, foram coletados 4 litros de amostra para as análises físico químicas e 1 litro de amostra para análises microbiológicas, em recipiente devidamente esterilizado e tomando-se o cuidado para que não houvesse contaminação no momento da coleta. As amostras foram então acondicionadas em caixas térmicas com *gelox*, a fim de se manter as condições ambientais do momento da coleta as mais fiéis possível, e finalmente levadas para análise no Laboratório de Qualidade Ambiental (LAQUA), na Universidade Federal de Juiz de Fora / MG. Além disso, em alguns pontos foi possível fazer a determinação da vazão.

**Figura 7** - Equipamentos utilizados em campo.



Foram recolhidas ainda em alguns pontos, amostras para determinação de Glifosato nos corpos hídricos, e posteriormente estas foram encaminhadas ao Laboratório

Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental Ltda, especializado para realização da análise.

Na Tabela 14 apresentam-se a localização de cada ponto no GPS, sua classificação como ambiente lótico ou lêntico, e as análises realizadas em cada um deles.

Tabela 14 - Pontos de coleta, coordenadas de GPS, descrição do ambiente e análises realizadas em cada po

Ponto	Coordenadas (UTM)	Descrição do ambiente	Parâmetros de Qualidade da água
A1	23K 0586354 7514750	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, DQO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT <sup>3</sup>
A2	23K 0585783 7514292	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DQO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , Temperatura e Turbidez.
A3	23K 0585783 7514292	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DQO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , Temperatura e Turbidez.
A4	23K 0585947 7513487	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DQO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , Temperatura e Turbidez.
C1	23K 0585954 7513944	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT <sup>3</sup> , ST <sup>4</sup> , Temperatura, Turbidez.
C2	23K 0585937 7513304	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , ST <sup>4</sup> , Temperatura e Turbidez.
C3	23K 0585995 7512989	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT <sup>3</sup> , ST <sup>4</sup> , Temperatura, Turbidez.
C4	23K 0585784 7512432	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , ST <sup>4</sup> , Temperatura e Turbidez.
C5	23K 0585591 7512201	Lótico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, DBO, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Nitrato, Nitrito, OD <sup>2</sup> , pH, Resistividade, Salinidade, Sódio Total, SDT <sup>3</sup> , ST <sup>4</sup> , Temperatura e Turbidez.
P1	23K 0585882 7513390	Lêntico	Cloretos, CE <sup>1</sup> , Cor aparente e verdadeira, Dureza Cálcio e Magnésio Total, Resistividade, Salinidade, SDT <sup>3</sup> , Temperatura, Turbidez e Glifosato.

**Nota:** 1. Condutividade elétrica; 2. Oxigênio dissolvido; 3. Sólidos dissolvidos totais; 4. Sólidos em suspensão totais.

Na Tabela 15 estão apresentados os parâmetros analisados, assim como o método e equipamentos utilizados para tal, segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA, 1998). Ressalta-se que as análises foram feitas dentro do tempo máximo estipulado para cada parâmetro, segundo sua metodologia específica.

Tabela 15 - Parâmetros e métodos utilizados na determinação da qualidade das amostras de águas superficiais.

<b>Parâmetro</b>	<b>Método</b>	<b>Equipamentos</b>
Cloretos	4500-CI	Titulação com Bureta graduada
CE <sup>1</sup>	-	Sonda Multiparamétrica
Cor Aparente	2120 C	Colorímetro
Cor Verdadeira	2120 C	Colorímetro
DBO <sup>3</sup>	5210 B	Estufa incubadora
DQO <sup>4</sup>	5220 D	Bloco digestor e Espectrofotômetro
Dureza Cálcio e Magnésio	2340 C	Titulação com Bureta graduada
<i>Escherichia coli</i>	9222 B	Membrana filtrante
Fenóis	5530 C	Espectrofotômetro
Ferro	-	Espectrofotômetro e Kit Hach
Fósforo Total	-	Laboratório Externo
Nitrato	-	Espectrofotômetro e Kit Hach
Nitrito	-	Espectrofotômetro e Kit Hach
Nitrogênio Amoniacal	4500	Destilador de Nitrogênio
OD <sup>2</sup>	-	Sonda Multiparamétrica
Ph	-	Sonda Multiparamétrica
Resistividade	-	Sonda Multiparamétrica
Salinidade	-	Sonda Multiparamétrica
Sódio Total	-	Laboratório Externo
SDT <sup>5</sup>	-	Sonda Multiparamétrica
ST <sup>6</sup>	2540 B	Banho Maria, Estufa e Dessecador
Temperatura	-	Sonda Multiparamétrica
Turbidez	2130 B	Turbidímetro
Glifosato	-	Laboratório Externo

**Nota:** 1. Condutividade elétrica; 2. Oxigênio Dissolvido; 3. Demanda bioquímica de oxigênio; 4. Demanda química de oxigênio; 5. Sólidos dissolvidos totais; 6. Sólidos totais.

#### 4.2.2 Índice de Qualidade da Água (IQA)

O IQA foi calculado de acordo com a metodologia utilizada pelo Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM). É composto por nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), que

foram fixados em função de sua importância para conformação global da qualidade da água, expressos na Tabela 16.

**Tabela 16 -** Parâmetros de qualidade da água e seus respectivos pesos.

<b>Parâmetro de Qualidade da Água</b>	<b>Peso (w)</b>
Oxigênio Dissolvido	0,17
Coliformes Termotolerantes*	0,15
pH	0,12
DBO	0,10
Temperatura da Água	0,10
Nitrato	0,10
Fosfato Total	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos Totais	0,08

**Fonte:** Adaptado de ANA, 2016.

**Nota:** \*Substituído por *E-coli* a partir de 2013.

A partir de 2013, o parâmetro Coliformes Termotolerantes foi substituído por *Escherichia coli* (IGAM, 2013), que será utilizado para o cálculo do IQA deste estudo. Ainda, como os valores do parâmetro fósforo total foram muito baixos em todos os pontos de coleta, o mesmo será utilizado no cálculo para expressar o valor do fosfato total, sem que ocorra o risco de superestimação dos resultados encontrados.

Os valores do IQA são classificados em faixas, conforme a Tabela 17. E as curvas médias de qualidade obtidas para os nove parâmetros encontram-se disponíveis em ANA, 2016.

**Tabela 17 -** Classificação do Índice de Qualidade da Água, segundo o IGAM.

<b>Faixas de IQA</b>	<b>Avaliação da Qualidade da Água</b>
$90 < IQA \leq 100$	Excelente
$70 < IQA \leq 90$	Boa
$25 < IQA \leq 50$	Média
$90 < IQA \leq 100$	Ruim
$IQA \leq 25$	Muito Ruim

**Fonte:** Adaptado de IGAM, 2012.

Para o cálculo do IQA foram analisados os pontos A1, açude e ponto mais à montante dentre os estudados, e dos pontos C4 e C5, pontos mais à jusante, a fim de se comparar os dois extremos.

### **4.2.3 Índice de Estado Trófico (IET)**

No IET, os resultados obtidos que correspondem ao fósforo, IET (PT), expressam o potencial de eutrofização do corpo d'água, uma vez que este nutriente atua como causador do processo (CETESB, 2007).

Como o método foi desenvolvido em ambientes de clima temperado, sua aplicação em regiões tropicais deve ser feita de forma cuidadosa (XAVIER, 2005). Sendo assim, utiliza-se uma adaptação para ambientes tropicais do índice adotado por *Carlson* em 1977. Método também utilizado pela Companhia de Saneamento do Estado de São Paulo (CETESB), em sua rede de monitoramento (BUCCI e OLIVEIRA, 2014).

Para o cálculo do IET foram utilizados os pontos A1, A4, C1, C2, C3, C4 e C5, para uma boa representação do grau de trofia do trecho estudado.

### **4.2.4 Qualidade da Água para Irrigação**

Foram utilizados os dados coletados nos pontos A1, C1, C3 e C5 na análise da qualidade da água para irrigação, considerando os parâmetros Cloretos (Cl<sup>-</sup>) Condutividade elétrica (CE), pH, Sais dissolvidos totais (SDT) e Sódio (Na<sup>+</sup>). Além disso, foi calculada a Razão de Adsorção de Sódio (RAS), que juntamente com a salinidade avaliarão o efeito da água de irrigação na capacidade de infiltração do solo. Onde as concentrações de Na, Ca e Mg estão em miliequivalente por litro.

Vale ressaltar ainda que os valores referentes à soma das concentrações de cálcio e magnésio foram estimados a partir dos resultados obtidos para o parâmetro dureza cálcio e magnésio, segundo metodologia estabelecida por APHA, 1998.

Para a interpretação dos dados, utilizaram-se as diretrizes de qualidade da água para irrigação de Ayers e Westcott (1999), conforme expressos na Tabela 18.

Tabela 18 – Critérios de avaliação da qualidade da água de irrigação.

Problemas e relacionados com	constituintes	Unidades	Grau de restrição ao uso		
			Nenhum	Moderado	Severo
<b>Salinidade</b> (afeta a disponibilidade de água para as plantas)					
CE <sup>1</sup> da água de irrigação (CEai)		dS.m <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 a 3,0	> 3,0
SDT <sup>2</sup>		mg.L <sup>-1</sup>	< 450	450 a 2000	> 2000
<b>Capacidade de Infiltração do solo</b>					
RAS = 0 a 3 e Ceai			≥ 0,7	0,7 a 0,2	< 0,2
RAS = 3 a 6 e Ceai			≥ 1,2	1,2 a 0,3	< 0,3
RAS = 6 a 12 e Ceai			≥ 1,9	1,9 a 0,5	< 0,5
RAS = 12 a 20 e Ceai			≥ 2,9	2,9 a 1,3	< 1,3
RAS = 20 a 40 e Ceai			≥ 5,0	5,0 a 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade</b>					
Sódio (Na <sup>+</sup> )					
Irrigação por superfície		RAS	< 3,0	3,0 a 9,0	> 9,0
Irrigação por aspersão		mmol <sub>e</sub> .L <sup>-1</sup>	< 3,0	> 3,0	-
Cloro (Cl <sup>-</sup> )					
Irrigação por superfície		mmol <sub>e</sub> .L <sup>-1</sup>	< 4,0	4,0 a 10,0	> 10,0
Irrigação por aspersão		mmol <sub>e</sub> .L <sup>-1</sup>	< 3,0	> 3,0	-
<b>Miscelâneos</b>					
pH			Amplitude Normal de 6,5 a 8,4		

**Nota:** 1 – Condutividade Elétrica; 2 – Sólidos Dissolvidos Totais.

**Fonte:** Adaptado de Ayers e Westcost, apud Bernardo, Soares e Montavani (2005).

#### 4.3 Caracterização do Solo

As amostras de solo foram retiradas próximas aos pontos A1, A2, A4, C2, C3 e C5 de coleta de água, na camada de 0-0,20 m, a fim de se realizar a caracterização química deste, segundo métodos descritos em EMBRAPA (2011). Após coletadas, as amostras foram secas ao ar e passadas em peneira de 2 mm, sendo em seguida levadas ao Laboratório de Fertilidade e Rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa (UFV). A caracterização química do solo incluiu pH em água, acidez trocável e potencial, matéria orgânica, capacidade de troca catiônica efetiva (CTC<sub>e</sub>) e potencial (CTC<sub>r</sub>), soma de bases

(SB), saturação por alumínio (m), por bases (V) e sódio (ISNA), teores trocáveis de Ca, K, Mg e Na, e disponível de P.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Caracterização do solo

Na Tabela 19 apresenta-se a caracterização física e química de amostras de solo coletadas próximos aos pontos A1, A2, A4, C2, C3 E C5, na microbacia do córrego Água Comprida.

Tabela 19 - Caracterização física e química de amostras de solo coletado

Parâmetros	A1	A2	A4	C2	C3	C5
pH	6,67	5,96	7,08	6,49	6,41	5,96
P (mg dm <sup>-3</sup> )	34,8	31,3	170,8	449,4	36,7	31,3
K (mg dm <sup>-3</sup> )	122	179	261	251	30	179
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,10	3,95	8,27	6,97	6,90	3,95
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,68	0,95	2,02	1,73	0,98	2,33
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,5	3,3	2,0	3,5	3,0	2,8
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,09	5,36	10,96	9,34	7,96	12,25
t (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,09	5,36	10,96	9,34	7,96	12,25
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,59	8,66	12,96	10,96	10,96	15,05
V (%)	67,3	61,9	84,6	72,7	72,6	81,4
m (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
MO (dag kg <sup>-1</sup> )	1,04	1,04	3,00	2,87	2,87	1,70
S (mg dm <sup>-3</sup> )	14,3	8,7	30,7	9,7	3,6	0,0
B (mg dm <sup>-3</sup> )	0,42	0,42	1,08	0,83	0,35	0,96
Cu (mg dm <sup>-3</sup> )	2,26	2,70	7,12	9,92	5,36	7,48
Mn (mg dm <sup>-3</sup> )	27,5	45,0	134,7	45,2	80,3	89,0
Fe (mg dm <sup>-3</sup> )	73,3	618,9	167,4	262,6	438,6	100,6
Zn (mg dm <sup>-3</sup> )	3,92	9,55	28,40	35,60	11,44	48,80

H+Al – acidez potencial; SB – soma de bases; t – CTC efetiva; T – CTC potencial; V – índice de saturação por bases; m – índice de saturação por alumínio; MO – matéria orgânica

No geral todas as amostras indicam um solo fértil com altos teores de bases, CTC e consequentemente um elevado índice de saturação por bases ( $V > 50\%$ ) e baixo índice de saturação por alumínio ( $m < 15\%$ ). Destaca-se também o elevado teor de fósforo na área ( $P > 30 \text{ mg dm}^{-3}$ ), uma vez que os nossos solos são pobres em P disponíveis. Tal comportamento pode ser explicado por se tratar de uma área agrícola e que conta com adubação frequente, utilizando notadamente cama de frango. Observa-se ainda que as amostras coletadas dentro de área de produção (A4, C2 e C5) são aquelas que apresentaram maior fertilidade.

No entanto, observa-se também elevadas concentrações de micronutrientes, tais como os metais, os teores de Ferro ( $> 45 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Manganês ( $> 12 \text{ mg dm}^{-3}$ ), Cobre ( $> 1,8 \text{ mg dm}^{-3}$ ) e Zinco ( $> 2,2 \text{ mg dm}^{-3}$ ) estão acima do limite muito crítico, de acordo com o manual de adubação de solos do estado de Minas Gerais (ALVAREZ V. *et al.*, 1999), tal comportamento pode causar danos à atividade agrícola e também ao meio físico ambiental. Os teores de Enxofre e Boro variam entre crítico e muito crítico (ALVAREZ V. *et al.*, 1999), o que também pode acarretar danos à atividade agrícola e ao meio físico ambiental.

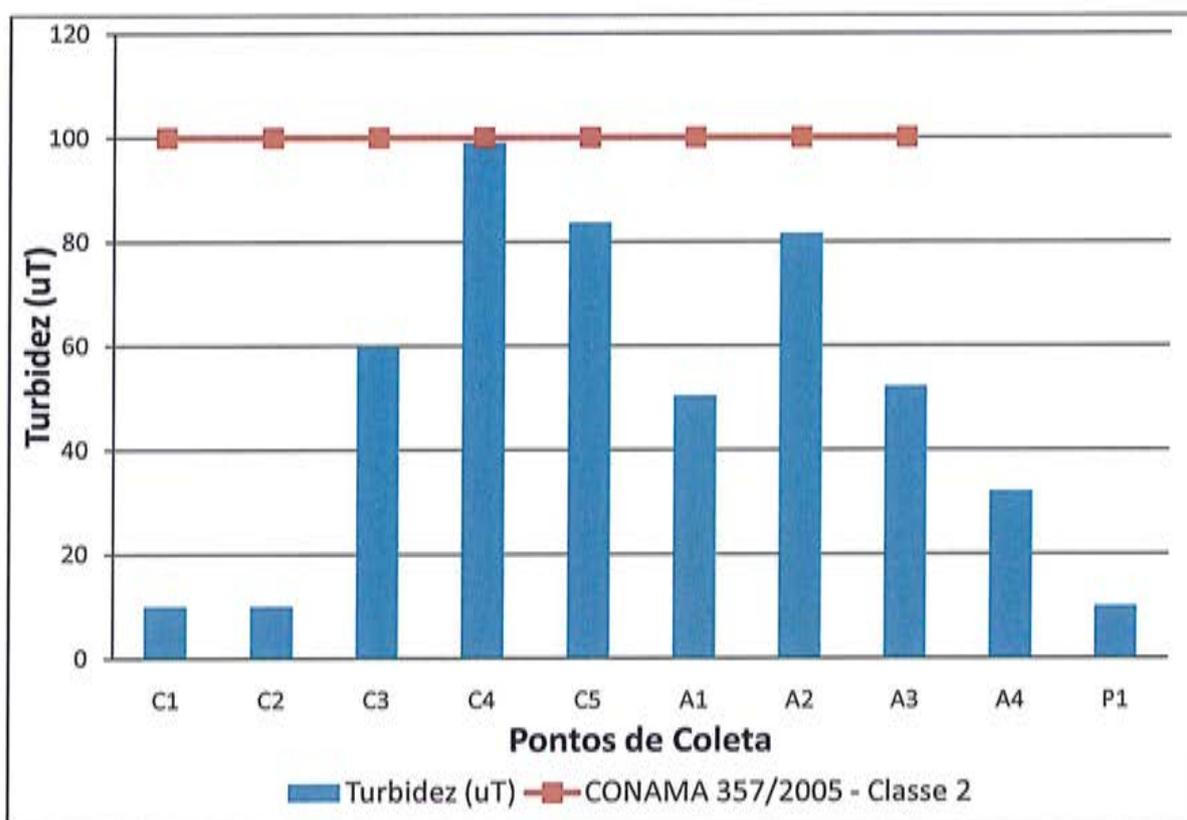
Os elevados teores de metais e micronutrientes podem estar associados ao uso da cama de frango na adubação do solo, uma vez que este resíduo é muito rico em ferro ( $1800 \text{ mg kg}^{-1}$ ), manganês ( $688 \text{ mg kg}^{-1}$ ), cobre ( $399 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e zinco ( $581 \text{ mg kg}^{-1}$ ) (BRATTI, 2013 e FUKAYAMA, 2008). A dose e a frequência podem colaborar para o incremento considerável destes elementos no solo, sendo necessária a recomendação de adubação adequada para a área. Ressalta-se que no ponto A2 o teor de Ferro ( $618,9 \text{ mg kg}^{-1}$ ) se apresentou muito alto e este valor pode ser explicado pelo fato da área ser encharcada e este elemento se apresentar predominantemente na sua forma reduzida e portanto não disponível e pouco móvel, o que colabora para maior concentração de ferro nesta área.

Por fim, evidencia-se que o manejo e cobertura do solo são de extrema importância para a qualidade da água superficial, pois a ocorrência de escoamento superficial pode carrear sedimentos ricos nos elementos supracitados e comprometer a característica do corpo hídrico bem como dos sedimentos de fundo do canal. Sendo assim, a adoção de medidas conservacionistas, tais como plantio em curva de nível, aração em curva, cordões vegetativos, adoção correta da irrigação, manutenção da mata de topo e ciliar são fundamentais para a redução do escoamento superficial e conseqüente carreamento de sedimentos.

## **5.2 Avaliação dos parâmetros de químicos, físicos e biológicos**

A Resolução CONAMA 357/2005 estabelece para a turbidez um limite de até 100uT para as águas classe 2, todos os locais amostrados encontram-se dentro dos limites estabelecidos, conforme figura 8.

Figura 8 - Gráfico de Turbidez dos pontos de coleta



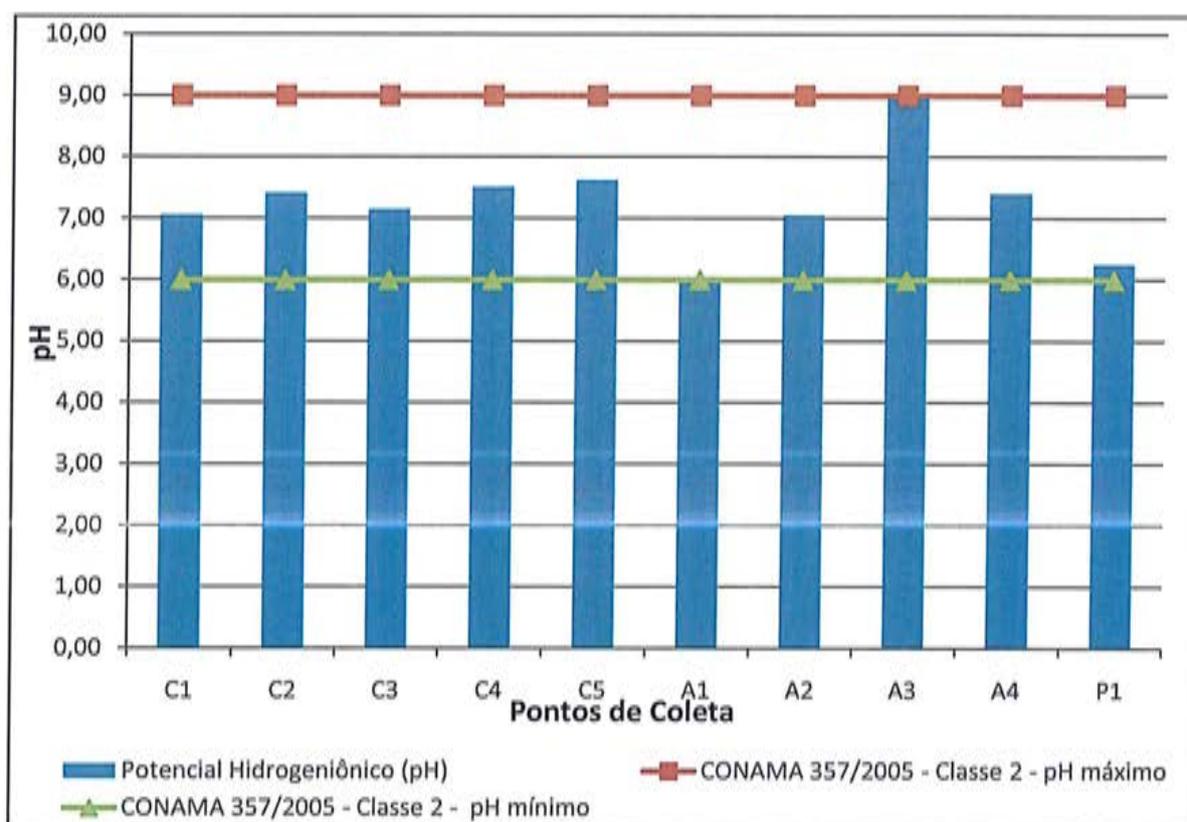
O ponto C4 é aquele que apresenta maior valor quando comparado aos outros locais analisados, segundo FLAUZINO, (2008), isso pode ser consequência direta do arraste dos sedimentos, como sólidos em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica e inorgânica, finamente divididas, organismos microscópicos e algas. A origem desses materiais pode ser o solo e o esgoto doméstico lançado no manancial sem tratamento. Esses materiais apresentam tamanhos diferentes, variando desde partículas maiores (1 mm), até as que permanecem em suspensão por muito tempo, como é o caso das partículas coloidais (diam. =  $10^{-4}$  a  $10^{-6}$  cm). No ponto C4 é observado o lançamento de efluente doméstico sem qualquer tipo de tratamento, o que justifica o elevado valor.

COSTA e FERREIRA (2015) verificaram que no 4º trimestre de 2012 a porção mineira do Rio Paranaíba apresentou um aumento significativo da turbidez correlacionando com o mesmo período do aumento dos sólidos, comprovando a influência do preparo das terras para o plantio de verão e do período de chuvas.

Segundo LIBÂNO (2005), a turbidez natural das águas geralmente compreende uma faixa de 3 a 500 uT. A Resolução 357/2005 do CONAMA, preconiza valor máximo para turbidez de 100 NTU e, para fins de potabilidade, a Portaria n.º 518/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, estabelece que a turbidez não ultrapasse 5uT. Assim, os pontos avaliados em decorrência do período de estudo, estão dentro da limitação exigida pelo CONAMA 357/2005 indicando uma boa qualidade da água do recurso hídrico em estudo para esse parâmetro.

Os valores médios de pH (figura 8) em quase todos os pontos amostrados durante o período de estudo ficaram próximos da neutralidade, ou seja, pH 7,0. Os menores valores registrados ocorreram nos pontos A1 e P1 (6,25 e 5,96, respectivamente) e o ponto A3 apresentou o valor mais alto (9,01).

Figura 9 – Gráfico da média do pH dos pontos de coleta

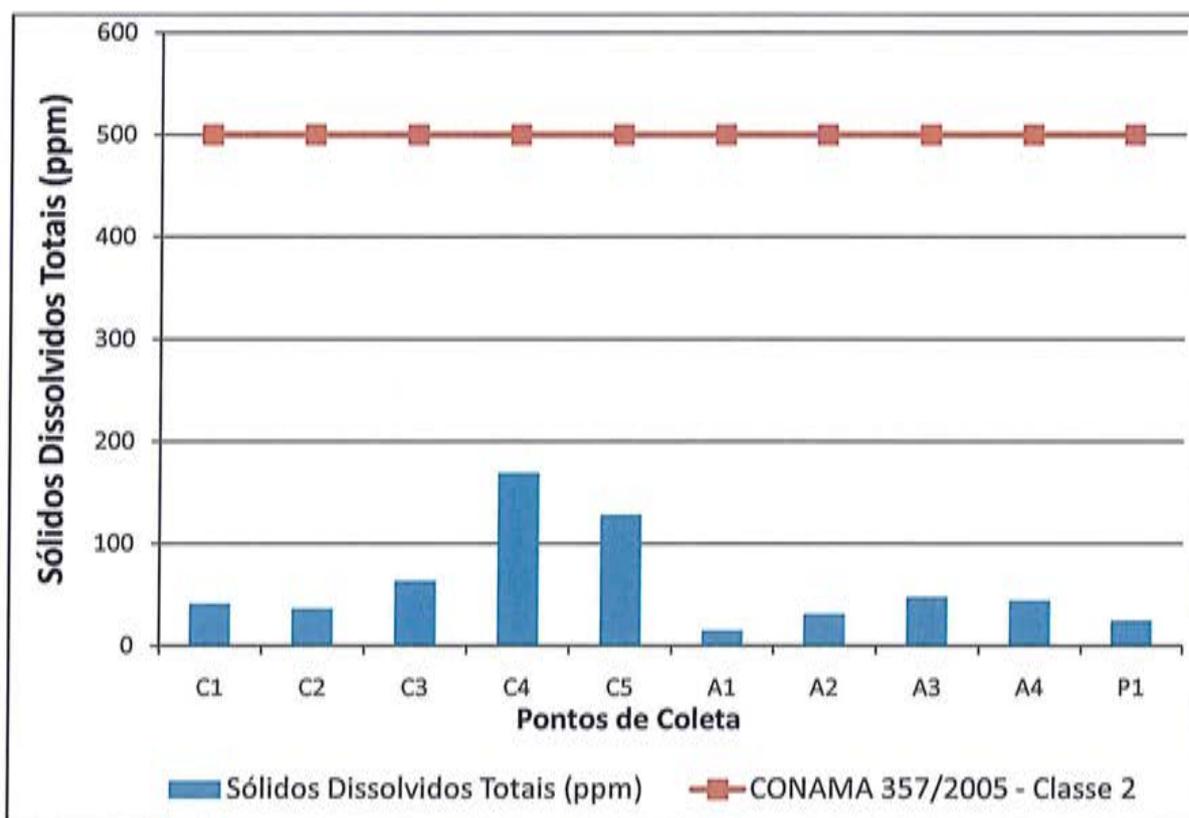


Baseado em BAIRD e CANN (2011) o pH pode refletir o tipo de solo por onde a água percorre. LIBÂNIO (2005), complementa ao dizer que o pH é dependente tanto da origem como das próprias características do recurso hídrico (geologia, solo, clima, fotossíntese, dissolução de rochas), além de ações de caráter antropogênicas pela introdução de resíduos. Em suma, alterações de pH podem afetar diretamente e/ou indiretamente a fisiologia das diversas espécies. Portanto, a pequena variação de pH entre cada local de coleta, indicaram que o afluente estudado possui pouca ou nenhuma influência sobre este parâmetro e, que todos os valores registrados durante o período de estudo estão em sua conformidade e, se enquadram na Resolução 357/2005 do CONAMA (pH entre 6,0 e 9,0) e com a Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde (pH entre 6,0 e 9,5).

PEREIRA-SILVA *et al.* (2011), verificaram que o pH de três córregos localizados em Luiz Antônio / SP, tanto a jusante quanto a montante, não foram significativamente diferentes, estando isso relacionado com a própria condição do solo do local.

A Resolução 357/2005 do CONAMA estabelece como padrão de qualidade valores máximos permitidos para STD em águas doce, considerando as três Classes, de até  $500 \text{ mg L}^{-1}$  e, em comparação a Portaria n.º 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece valor máximo de  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  de STD para águas de consumo humano. Em suma, todas as concentrações obtidas no intervalo de estudo ficaram abaixo do teor exigido pela legislação brasileira conforme figura 10.

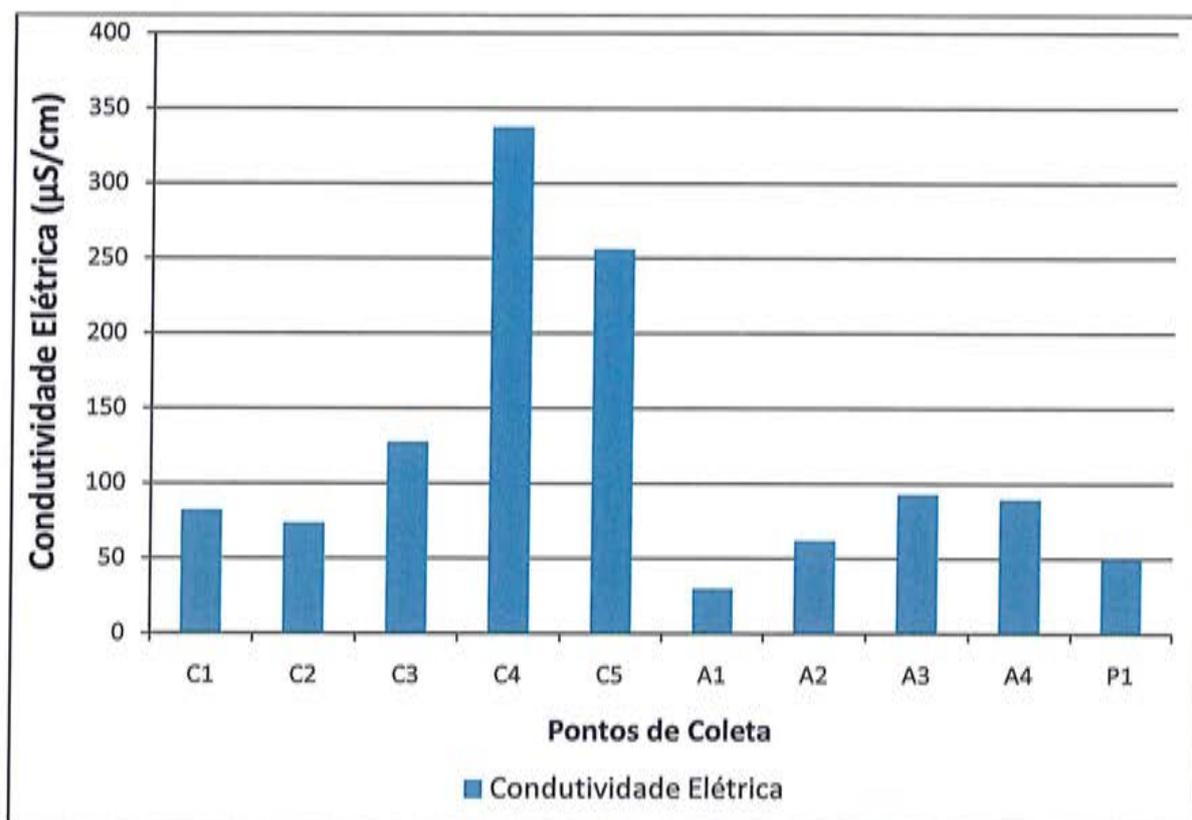
Figura 10 - Gráfico dos Sólidos Totais Dissolvidos nos pontos de coleta



A presença de sólidos em um ambiente aquático se deve a fatores naturais, como também através dos processos de lixiviação e erosão, da presença de organismos e detritos orgânicos, ou ainda por meio de atividades antrópicas, resultado do lançamento de lixo e esgotos (GONÇALVES, 2013).

Segundo TUNDISI e MATSUMURA TUNDISI (2008) os sólidos totais dissolvidos (STD) incluem todos os sais presentes na água e os componentes não iônicos; compostos orgânicos dissolvidos contribuem para os sólidos totais dissolvidos. O valor de sólidos totais dissolvidos tem correlação direta e proporcional com a condutividade elétrica (CE) devido à concentração de íons presente nas amostras (Figura 11). A correlação detectada entre a CE e o STD da água nos pontos analisados deve-se ao nível de solubilidade de sais e outros compostos encontrados.

Figura 11- Gráfico da Condutividade elétrica dos pontos de coleta

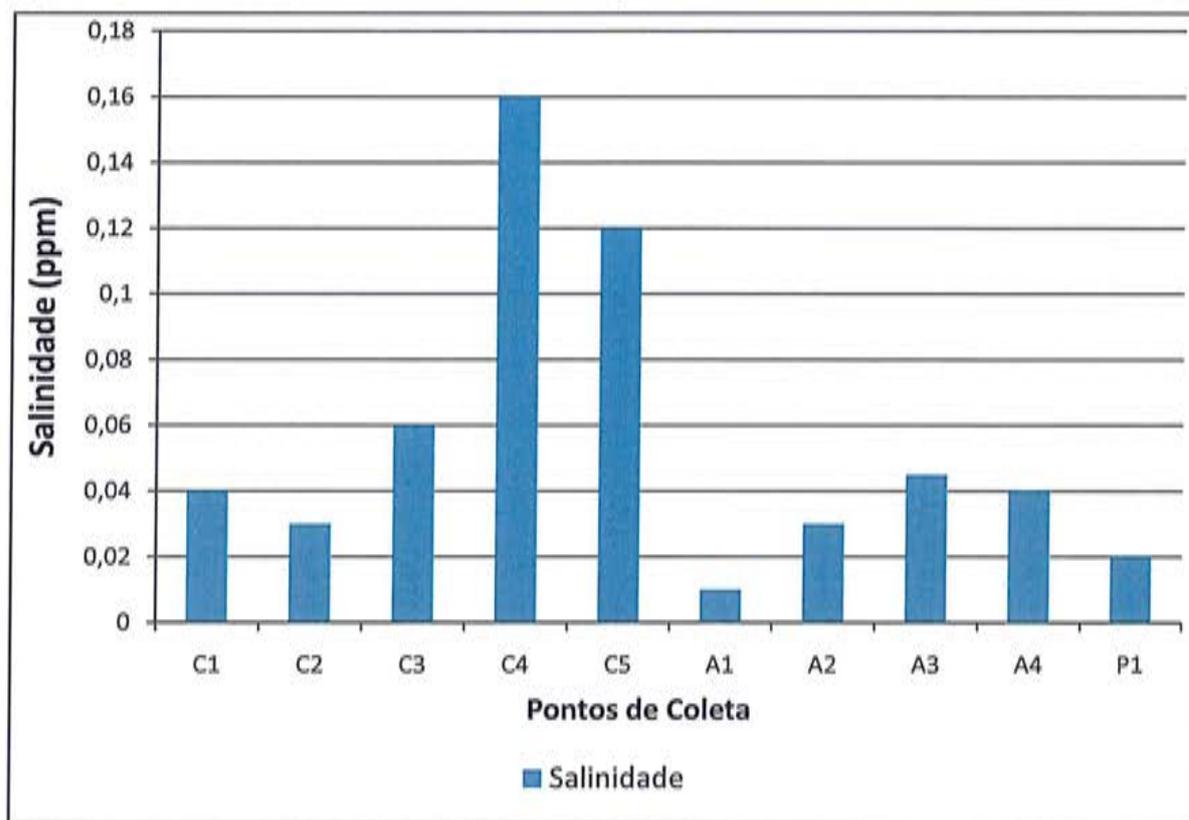


O comportamento similar entre os parâmetros CE e STD pode estar associado ao processo de erosão natural do solo, intemperismo das rochas, além do recebimento de efluentes principalmente decorrentes das chuvas que antecederam as coletas, a qual provoca o carreamento superficial de poluentes para o curso d'água contribuindo para a dissolução da carga poluidora. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados à água, maior será o valor da condutividade (PAIVA e SOUZA, 2010).

De acordo com PEREIRA-SILVA (2011), a medida da condutividade pode auxiliar na identificação de fontes poluidoras em ambientes aquáticos e ainda permitir identificar fontes pontuais no sistema natural onde o processo eventualmente pode se acentuar.

Para se enquadrar como água doce classe 2, a resolução CONAMA 357/05, determina que a salinidade deve ser de até 0,5%. As amostras coletadas foram todas classificadas como água doce conforme os valores apresentados na figura 12.

Figura 12 - Gráfico da média da salinidade dos pontos de coleta

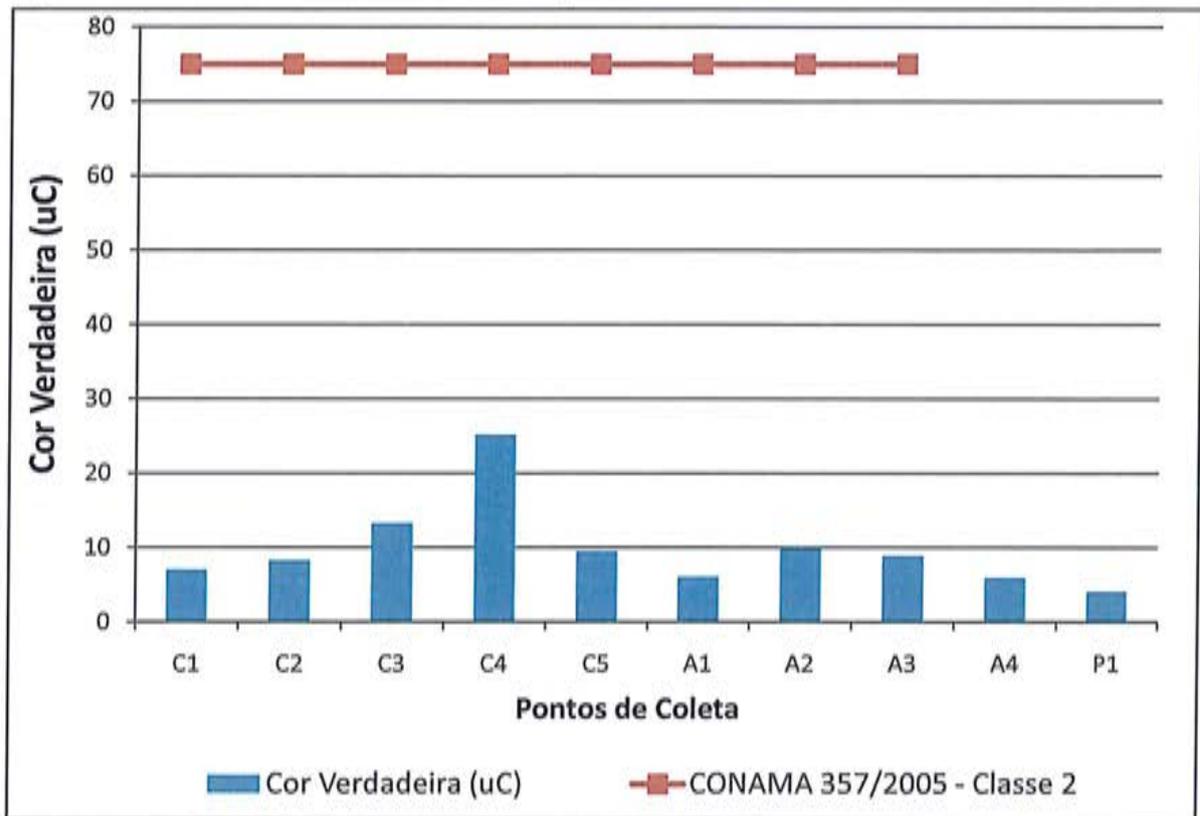


ANDRADE *et al.*(2007), em estudo realizado na bacia do Rio Aracaju, Observaram que o aumento do nitrato influencia o aumento da CE, devido a sua natureza salina. O mesmo foi observado neste trabalho, onde os pontos que recebem maior quantidade de efluentes domésticos apresentaram aumento do nitrato e dos sólidos e conseqüentemente da CE. O ponto C4 foi o que apresentou maior quantidade de STD e CE. Sendo a CE um indicador de salinidade, este também foi o ponto que apresentou maior salinidade entre os pontos amostrais. Estes valores mais elevados neste ponto se devem ao intenso lançamento de efluentes neste local, sendo este o ponto amostral mais urbanizado.

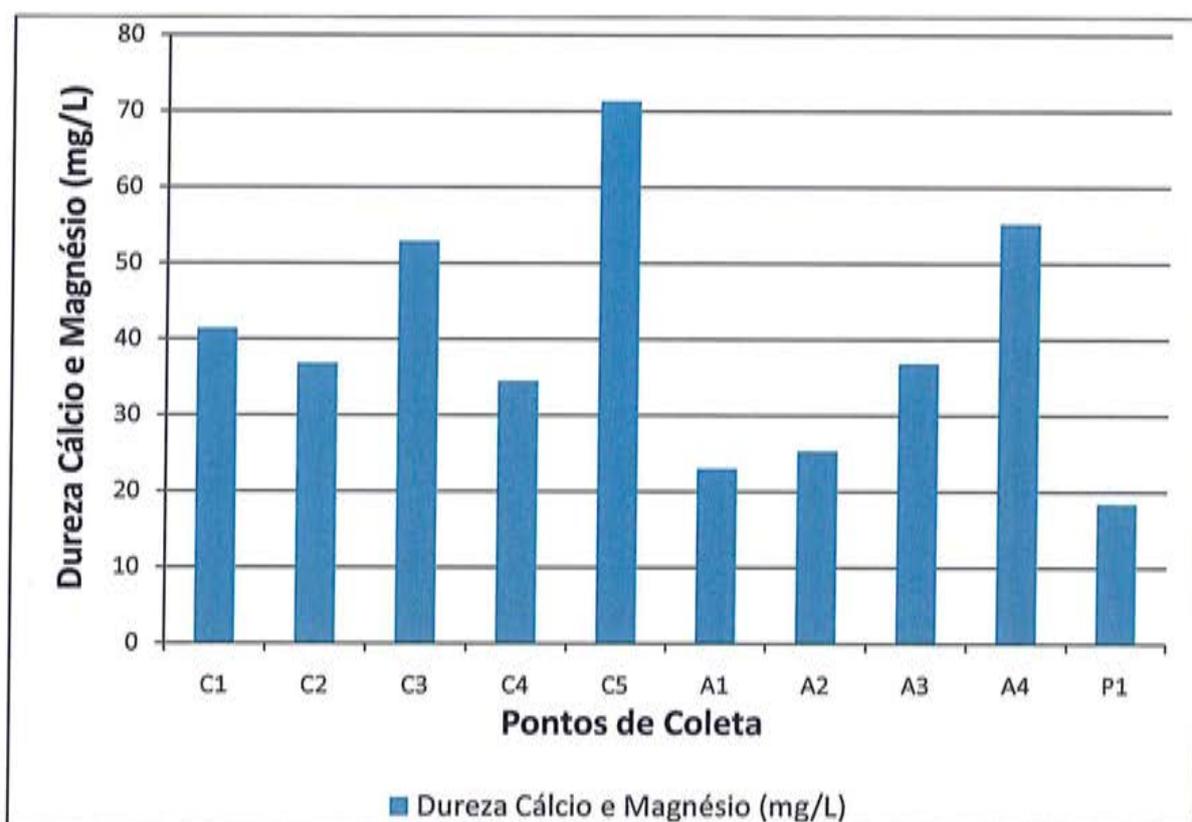
A presença de cor na água pode ser resultado de resíduos de origem mineral ou vegetal, causada por substâncias como ferro ou manganês, matérias húmicas, taninos, algas, plantas aquáticas e protozoários, ou por resíduos orgânicos ou inorgânicos (FUNASA, 2006).

A Resolução CONAMA 357/05 determina que a cor verdadeira deve ser de até 75 mg Pt/L. Os valores encontrados nas amostras coletadas encontram-se todas dentro desse limite conforme apresentado na figura 13.

Figura 13- Gráfico da Cor Verdadeira dos pontos de coleta



A dureza total é calculada como sendo a soma das concentrações de íons cálcio e magnésio na água, expressos como carbonato de cálcio. A portaria nº 518/2004 do Ministério da Saúde estabelece para dureza o teor de 500 mg/L em termos de  $\text{CaCO}_3$  como o valor máximo permitido para água potável. Todas as amostras apresentaram valores dentro do limite estabelecido, conforme figura 14.



As águas superficiais no Brasil apresentam, em sua grande porção, características brandas ou moderadamente duras, não ultrapassando  $100 \text{ mg L}^{-1}$  (LIBÂNIO, 2005). A Resolução 357/2005 do CONAMA não referencia este parâmetro.

Segundo ALVES *et al.* (2008), no Brasil são encontrados, com frequência, águas que apresentam elevados teores de ferro total. A presença de ferro na água para irrigação pode provocar sérios problemas de entupimento, favorecendo o desenvolvimento de ferrobacterias. A resolução CONAMA 357/05 determina que a quantidade de ferro dissolvido deve ser de até  $0,3 \text{ mg/L Fe}$ . Todas as amostras apresentaram valores acima do estabelecido, conforme figura 15. Isso se deve a presença de altas quantidades de ferro no solo que é drenado para o córrego.

Figura 14 - Gráfico da dureza do Cálcio e Magnésio dos pontos de coleta

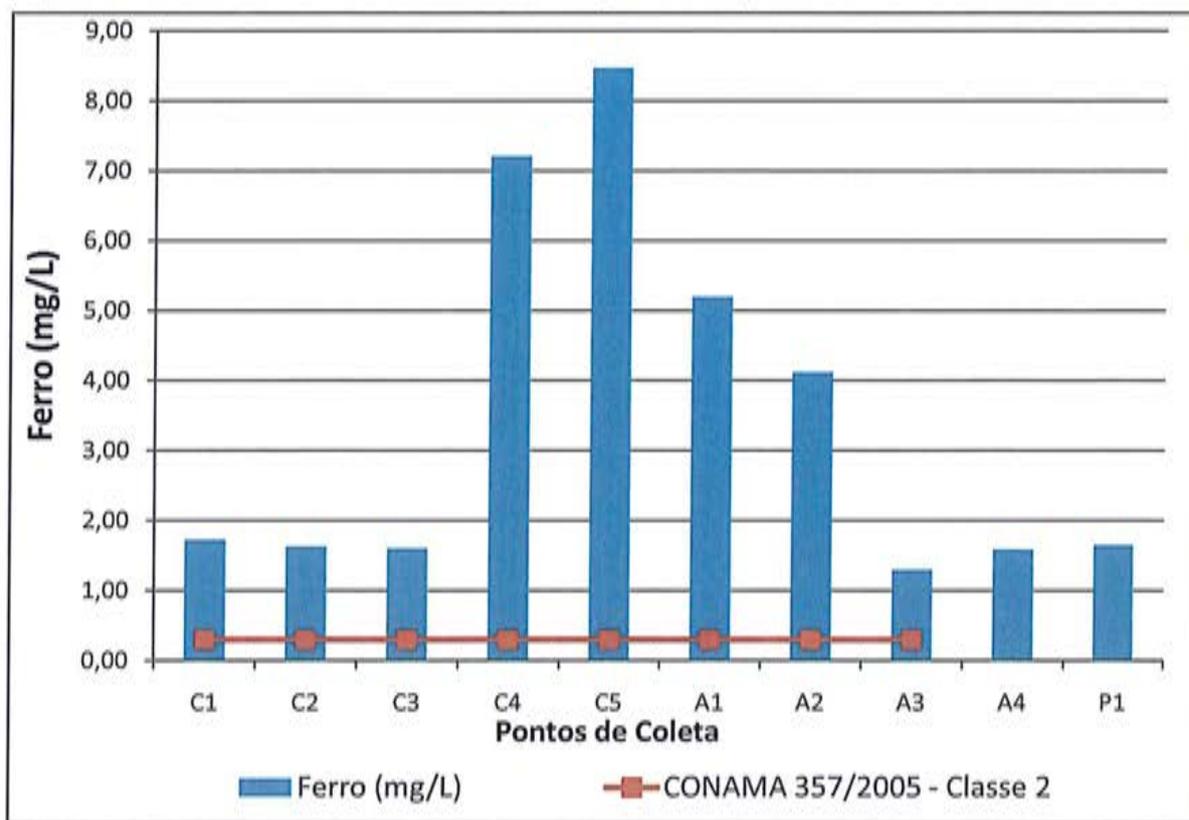


Figura 15 - Gráfico do ferro dissolvido nos pontos de coleta

Estes valores podem ser explicados por se tratar de um local de intensa atividade agrícola com constante correção do solo, uso de fertilizantes e agrotóxicos, que podem conter Fe em sua composição. Baseado em JÚNIOR *et al* (2008), tal aumento está provavelmente relacionado ao processo de lixiviação e, posterior, escoamento superficial de áreas agrícolas contendo resíduos que contenha Fe em suas composições. O processo provoca a posterior acumulação desses materiais no sedimento. O elemento Fe se faz muito presente em suplementos minerais para bovinos. Além disso, outro fator essencialmente contribuidor é sua presença natural no solo, exercendo certa influência e contribuição nas concentrações das águas superficiais. Pois, como expõe LIBÂNIO (2005), o componente Fe tem sua origem provocada essencialmente por dissolução provinda de compostos minerais de rochas e solos. Já FARIAS (2006) afirma que a fonte natural de Fe para o ambiente aquático é proveniente tanto do intemperismo das rochas compostas pela bacia de drenagem como pela erosão de solos ricos por esse elemento.

De acordo com a resolução 357/05 do CONAMA, o nitrogênio amoniacal é padrão de classificação das águas naturais e padrão de emissão de efluentes, sendo os valores permitidos definidos de acordo com o pH. Define-se um limite de até 3,7 mg/L N, para  $\text{pH} \leq 7,5$ . A

única amostra que apresentou nitrogênio amoniacal foi a amostra C3, com 0,3461 mg/L N e pH de 7,1.

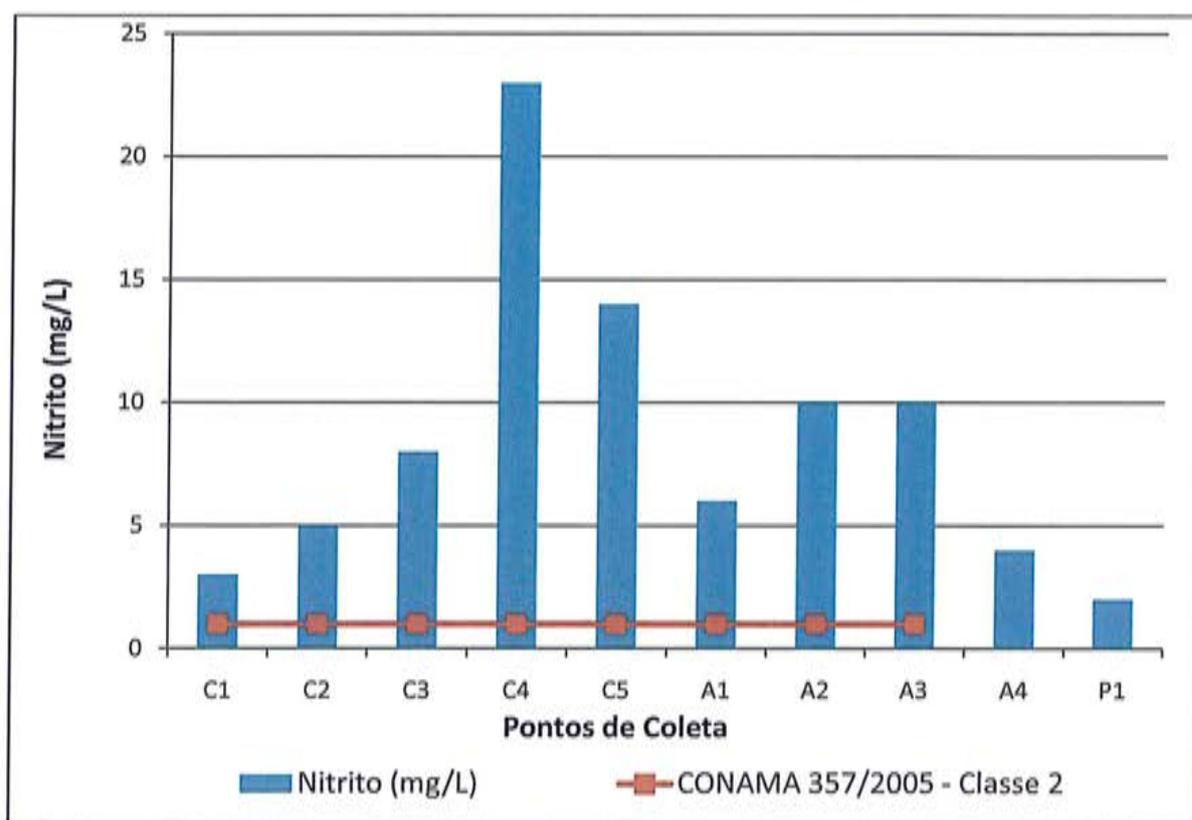
O nitrato alcançou o padrão de potabilidade, sendo 10 mg N-NO<sub>3</sub>/L o valor máximo permitido pela Portaria 518/2000 do Ministério da Saúde e também na resolução CONAMA 357/05. Pode ser entendido como um contaminante que pode se apresentar nas águas naturais sem ter sido introduzido diretamente, decorrendo do processo de decomposição biológica da matéria orgânica nitrogenada. Todas as amostras apresentaram valores de nitrato dentro dos padrões estabelecidos, conforme tabela 20. No ponto C4 observa-se o maior teor de nitrato observado (7,5 mg/L), tal comportamento está associado ao lançamento de efluente doméstico neste ponto.

Tabela 20 – Teor de nitrato nas amostras coletadas

Ponto de coleta	Teor de nitrato (mg/L)
A1	3,2
A2	3,8
A3	2,8
A4	3,0
C1	1,6
C2	2,7
C3	2,8
C4	7,5
C5	3,3
P1	2,8

A resolução CONAMA 357/05 determina que o volume máximo de nitrito deve ser de até 1,0 mg/L N. Todas as amostras apresentaram valores acima do limite estabelecido, conforme figura 16.

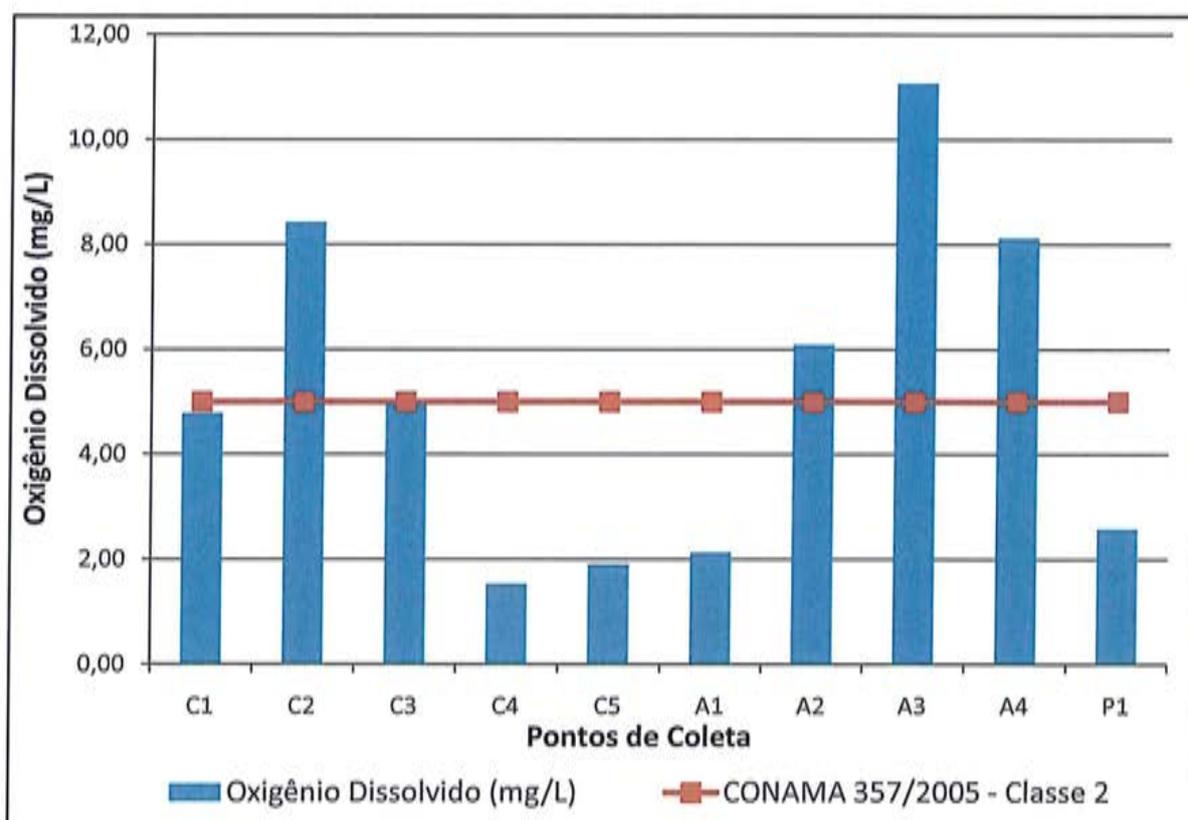
Figura 16 - Gráfico do nitrito nos pontos de coleta



COLLETI *et al.* (2009), observaram uma correlação direta entre o nitrito, o nitrato e o nitrogênio amoniacal, onde foi observado um nível de variação correlacionada de  $\cong 5\%$ , evidenciando a dependência entre as variáveis. A presença de compostos nitrogenados na água foi associada à lixiviação do solo, ao lançamento de despejos e drenagem de áreas agrícolas, fertilizantes, excrementos de animais e esgotos domésticos e industriais.

A resolução CONAMA 357/05 diz que o valor de oxigênio dissolvido (OD) não deve ser inferior que 5 mg/L O<sub>2</sub>, em qualquer amostra. As amostras C5, C4 e C1 possuem baixo valor de OD pelo lançamento de efluente doméstico sem o devido tratamento, já os pontos P1 e A1 estão associados a locais onde ocorre a surgência de águas subterrâneas que naturalmente possui baixo teor de OD. Na figura 17 apresenta-se os teores de OD dos pontos amostrados.

Figura 17– Gráfico de Média de Oxigênio Dissolvido



De acordo com a ANA, 2017, águas poluídas possuem baixa concentração de OD devido ao processo de decomposição da matéria orgânica e as águas eutrofizadas podem apresentar concentrações de oxigênio superiores a 10 mg/L, situação conhecida como supersaturação devido ao crescimento excessivo de algas.

Os processos oxidativos, dentre estes ocupam lugar preponderante os respiratórios, podem causar um grande consumo de oxigênio nas águas de um manancial. Microrganismo e vegetais heterótrofos, quando em grande número podem reduzir o OD. Sendo que a proliferação de tais organismos depende das fontes de alimento, ou seja, matéria orgânica (EPAMIG, 2007).

A resolução CONAMA357/05 limita que a DBO 5 deve ser de até 5 mg/L O<sup>2</sup>. Foram analisadas a DBO 5 das amostras A3, C1, C2, C3, C4 e C5. As amostras C3, C4 e C5 apresentaram valores acima do estabelecido, conforme demonstrado na Tabela 21. Valores condizentes com locais com algum tipo de descarga de esgoto.

Tabela 21 – Concentração da demanda bioquímica de oxigênio (DBO) nos pontos amostrados

Pontos de Coleta	DBO (mg/L)
A3	1,92
C1	0,62
C2	0,07
C3	5,55
C4	31,87
C5	9,30

Para VON SPERLING (2005), a DBO é um dos parâmetros mais importantes para identificar o grau de poluição de um corpo d'água, representando indiretamente o teor de matéria orgânica, indicando o potencial de OD.

BENETTI (2005), afirma que águas que apresentam DBO maior que 10 mg/L podem gerar a diminuição e até a eliminação do oxigênio presente nas águas, gerando alterações substanciais no ecossistema. Nessas condições, pode-se ocorrer eutrofização e até a extinção da vida aeróbica. Essa afirmativa foi observada neste estudo, onde o ponto C4 foi onde a DBO foi mais alta e também o que apresentou OD mais baixo, sendo um local que recebe grande quantidade de efluentes o aumento da DBO e queda da OD se deve ao processo de decomposição da matéria orgânica.

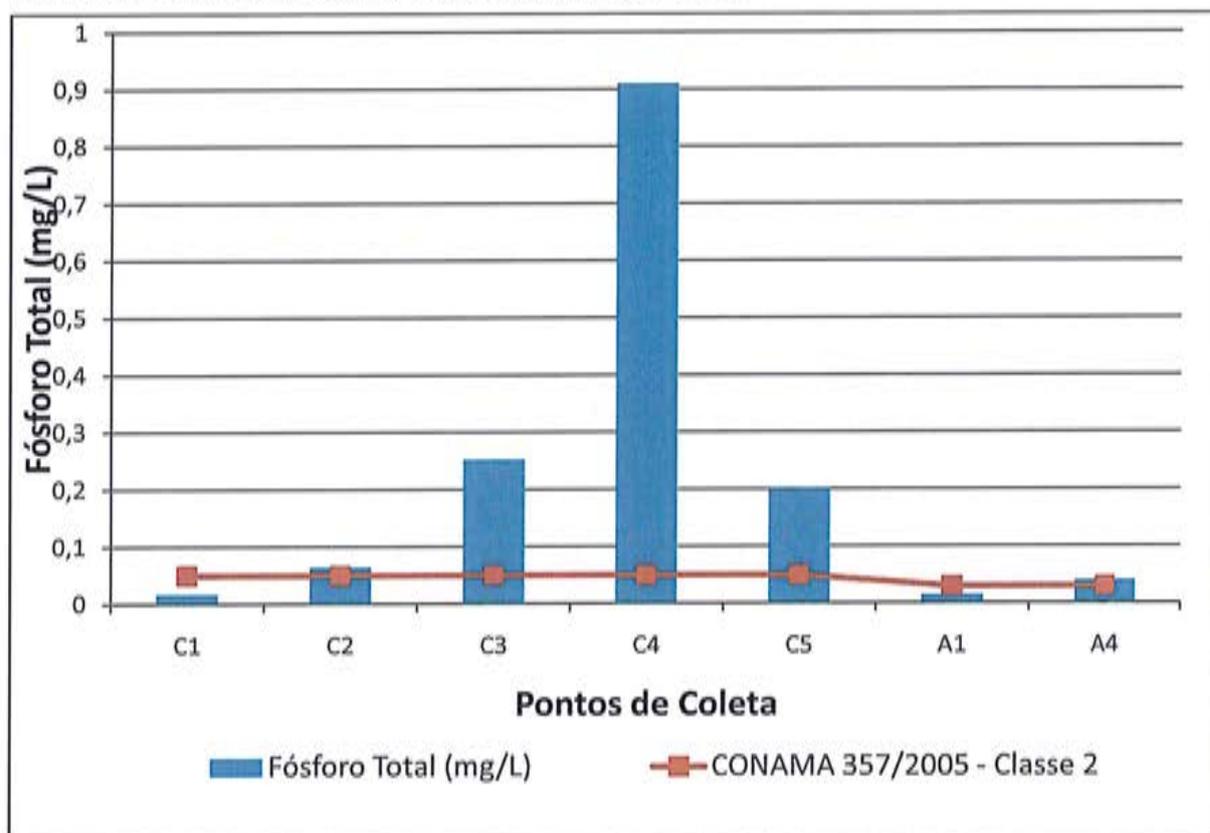
BARROS e SOUZA (2010), em um estudo realizado no córrego André, em Mirassol D'oeste/MT, observaram que as DBO de alguns pontos analisados estiveram fora dos padrões de referencia e também associaram tais valores a cargas de efluentes e a baixa vazão do córrego que influenciou na diminuição da atividade auto depurativa. O mesmo pode ser observado no córrego Água Comprida onde os pontos C4 e C5 apresentaram aumento da DBO conforme o aumento de efluentes.

PONTES *et al.* (2012), observaram em estudo realizado no córrego Banguelo/ MG, que todos os pontos de amostragem apresentaram DBO5 acima do padrão máximo de 5 mg L<sup>-1</sup> tanto no período seco quanto no período chuvoso e , associaram estes resultados á contaminação proveniente de escoamento, drenagem e lançamento de efluentes industriais e domésticos.

A resolução CONAMA 357/05 estabelece para o fósforo total até 0,03mg/L, em ambientes lênticos e até 0,05 mg/L, em ambientes intermediários. As amostras C2, C3, C4 e C5 apresentaram valores superiores ao limite estabelecido, conforme figura 18. Valores

explicáveis devido à drenagem pluvial de áreas agricultáveis e as cargas veiculadas pelos esgotos.

Figura 18- Gráfico do Fósforo Total nos pontos de coleta



KLEIN e AGNE(2012)afirmam que quando os solos são cultivados o ciclo biogeoquímico do fósforo é alterado, pois há adição de elementos como as adubações, e remoção quando da colheita ou ocorrência de erosão ou percolação. Da mesma forma, SILVA e SOUZA (2013), ao estudarem a qualidade da água do Rio Carmo/RN, associaram a presença elevada de fósforo principalmente as águas drenadas de áreas agrícolas, devido a presença de fertilizantes, pesticidas e químicos em geral.

MORETTO (2011), verificou que as águas do Rio Pardo/ RS, foram classificadas como Classe 4, de acordo com Resolução Conama 357/05, devido a quantidade de fosfato que apresentou-se acima de  $0,15\text{mg. L}^{-1}$  em 87,5% dos pontos amostrais, assim permanecendo durante todo o ano de 2012.

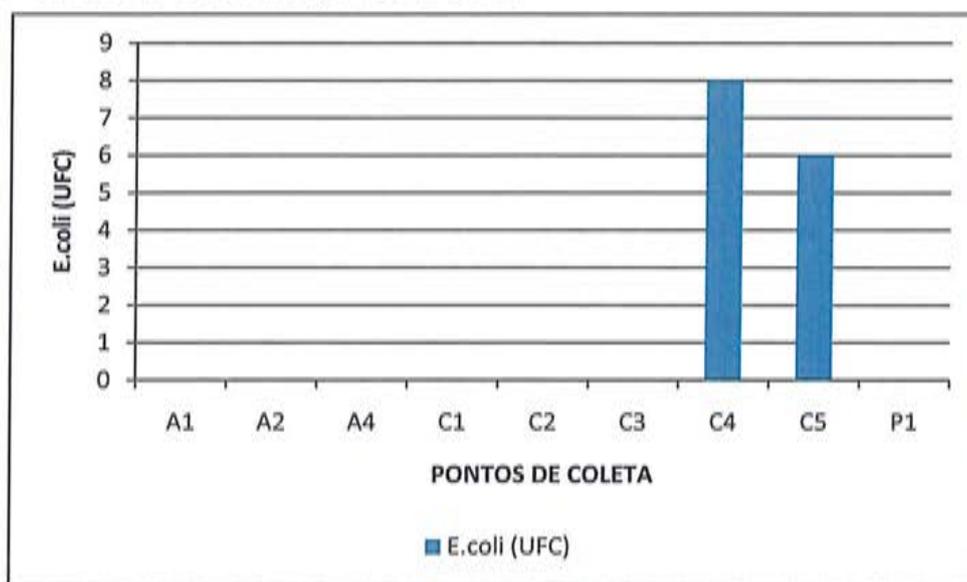
O P em excesso no ambiente pode provocar diversos impactos negativos, com especial referência à qualidade das águas. A legislação brasileira não reconhece o P como

contaminante do solo, reforçando a percepção do agricultor de que a adubação fosfatada deve obedecer a critérios produtivos e econômicos, não ambientais (GEBLER *et al.*, 2012).

A resolução CONAMA 357/05 diz que a quantidade de coliformes termotolerantes em águas destinadas a recreação de contato primário deverá ser obedecida a Resolução CONAMA nº 274, de 2000. De acordo com a resolução CONAMA 274/00 as águas serão consideradas impróprias quando no trecho avaliado obtiver na última amostragem valor superior a 2500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros.

Todos os pontos de coleta apresentaram quantidades toleráveis de *E. coli*, sendo consideradas excelentes por apresentarem menos de 2000 UFC/100ml, somente as amostras C3 e C4 apresentaram *E. coli*, conforme figura 19.

Figura 19- Gráfico de *E. coli* nos pontos de coleta



PONTES *et al.* (2012), observaram em estudo na bacia do córrego Bom Jesus/MG, que dos nove pontos de amostragem apenas um ponto, que recebe efluente industrial, e dois pontos localizados próximos a áreas urbanizadas, apresentaram coliformes termotolerantes fora do limite máximo estabelecido.

### 5.3 Avaliação da presença de glifosato nos corpos d'água

A resolução CONAMA 357/05 determina para o glifosato um limite máximo de 65 µg/L. Todas as amostras analisadas (A3, C1, C3, C5 e P1) apresentaram valores abaixo do estabelecido, conforme tabela 22.

Tabela 22 – Teor de glifosato em manancias na microbacia do córrego Água Comprida

<b>Glifosato</b>	
<b>Ponto</b>	<b>Resultado (µg/L)</b>
P1	< 60.0
A3	< 60.0
C6	< 60.0
C3	< 60.0
C5	< 60.0

O herbicida glifosato (N-(fosfonometil) glicina), não seletivo, sistêmico, pós-emergente, representa 60% do mercado mundial de herbicidas não seletivos. A aplicação de glifosato pode resultar na presença de resíduos tanto na colheita quanto em animais usados na alimentação humana. No ambiente, as concentrações mais altas de ambos os compostos foram encontradas no solo (AMARANTE JR. *et al*, 2002).

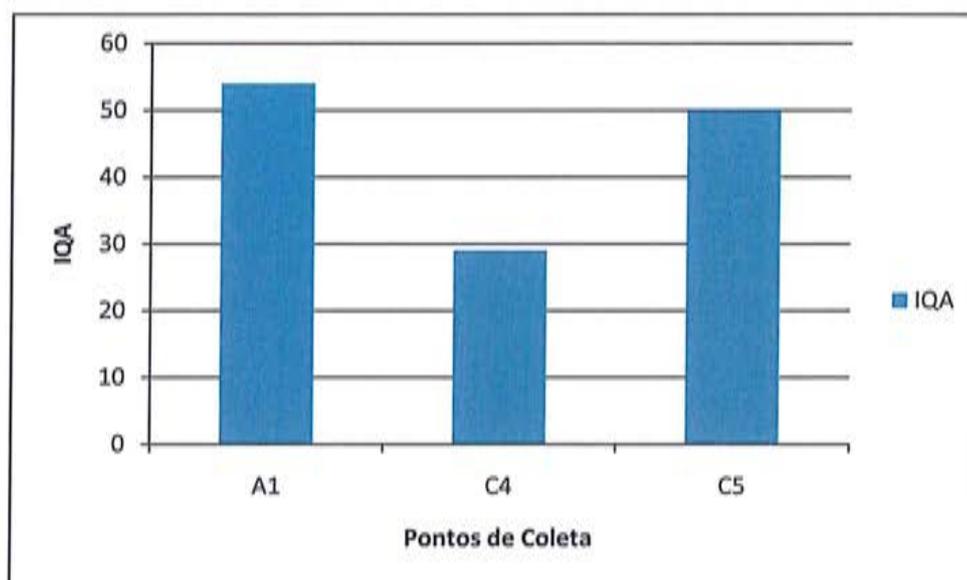
ARMAS *et al.* (2005), avaliando o consumo total de agrotóxicos do rio Corumbaté, observou que o glifosato representou o primeiro lugar dos produtos utilizados. Tendo ocupado o 1º lugar em volume de aplicação e o 5º lugar em frequência. O glifosato, considerado não móvel, apresentou ainda tendência de lixiviação à medida que seu valor aumentava, em virtude de sua alta solubilidade.

#### 5.4 Índice de qualidade da água (IQA)

O IQA foi calculado utilizando o *software Qualigraf*. Este programa calcula o IQA-CETESP e o IQA-IGAN. O IQA-IGAM substitui o nitrogênio total pelo nitrato para o cálculo, não alterando em nada a classificação do corpo d'água. Devido a uma limitação laboratorial, não foi possível determinar a concentração de nitrogênio total nas amostras. Optou-se determinar a concentração de nitrato, considerando que este composto é regulamentado pela Resolução Conama 357/05 para o enquadramento dos corpos d'água.

Foram calculados os IQAs dos pontos A1, C4 e C5. O pontos C4 foi considerado ruim e A1 e C5 foram considerados médios, conforme figura 20.

Figura 20 – Classificação do IQA dos pontos de coleta

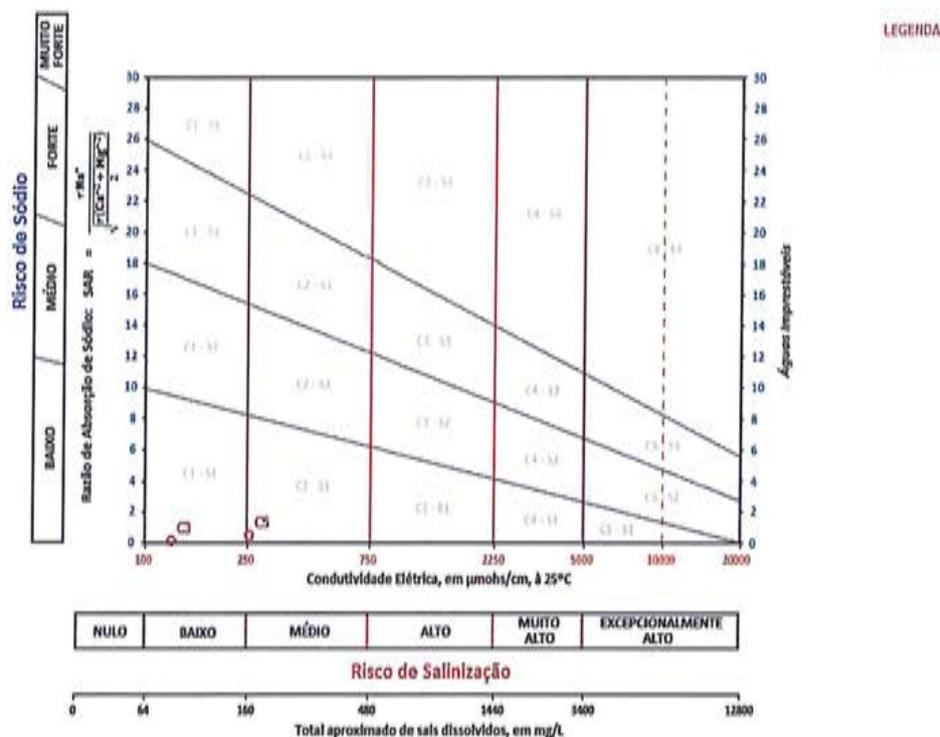


SILVA e SOUZA (2013) em estudo sobre o IQA do Rio Carmo utilizaram parâmetros microbiológicos, físicos e químicos e observaram que a qualidade da água do Rio Carmo nos pontos monitorados apresentou uma queda relacionada à quantidade de coliformes termotolerantes e fósforo à medida que seguia o curso do rio no sentido nascente-foz, sendo este resultado consequência do crescimento da urbanização e do lançamento de efluentes neste mesmo sentido. No estudo do córrego Água Comprida a qualidade da água também apresentou queda nos locais que apresentaram E.coli e de DBO alta, sendo estas variáveis influenciadas pelos efluentes domésticos.

### 5.5 Qualidade da água para Irrigação

Foram calculados a RAS dos pontos C1, C3, C5 e A3. Para o cálculo foi utilizado o *software qualigraf* que calcula e classifica a RAS associativamente com a CE. O pH e a salinidade apresentaram-se dentro dos valores estabelecidos pelo Conama 357/05 não havendo portanto restrição ao uso de acordo com esses parâmetros. Para todos os pontos analisados a RAS não representou risco de comprometer a estruturado solo local, conforme mostrado na figura 21. Nos pontos A3 e C1 o valor da RAS calculada foi considerado nulo.

Figura 21 - Gráfico do software Qualigraf da RAS dos pontos amostrais



Fonte: Software Qualigraf

Segundo ANDRADE *et al.* (2009), identificaram que uma precipitação de 400mm ano-1 é suficiente para promover a lixiviação dos sais adicionados ao solo pela prática da irrigação e que em regiões onde a precipitação total anual é superior a 800mm ano-1, a lixiviação dos sais passa a ser determinada pela textura e estrutura do solo. Já nas áreas irrigadas do Distrito de Irrigação Jaguaribe-Apodi (DIJA) localizado no Baixo Jaguaribe (CE), o acúmulo de sais no perfil do solo ocorre, mesmo em precipitações anuais superiores a 750mm ano -1.

OLIVEIRA *et al.* (2010) em estudo realizado na bacia do Rio Salitre observaram que quatro pontos amostrais próximos as nascentes apresentaram salinidade abaixo ou muito próximo de 0,5%. E dois pontos a jusante apresentaram valores próximos a uma água doce (0,66 e 0,59%), onde associaram essa pequena alteração á localização da amostragem próximos a áreas agricultáveis.

Estudos realizados por MEDEIROS *et al* (2000), com o híbrido de melão amarelo *Gold mine*, mostraram que a aplicação de água com condutividade elétrica (CE) de 2650 $\mu\text{S/cm-1}$  reduziu a produtividade da cultura em 27% e o número de frutos em 19% em relação à irrigação com água com condutividade elétrica de 550 $\mu\text{S/cm-1}$ . Sendo a maior CE, apresentada nos pontos de coleta deste estudo, de 337,5  $\mu\text{S/cm-1}$ , a mesma não apresenta potencial de prejudicar o desenvolvimento das hortaliças.

O ferro apresentou valores acima do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05, os pontos A1, C4 e C5 merecem maior atenção quanto ao potencial de danos dos sistemas de irrigação do local. BARBOZA et al.(2011) afirmam que águas com concentrações maiores que 0,5 mg/L<sup>-1</sup> de ferro total não devem ser utilizada em sistemas de irrigação por gotejamento, a menos que haja tratamento químico.

BARBOZA *et al.* (2011) ao avaliarem a água do córrego Coqueiro/SP, observaram que 41,2% dos locais monitorados apresentaram valores de ferro acima de 9,4mg L<sup>-1</sup>, representando alto potencial de dano ao sistema de irrigação utilizado pelos agricultores que utilizam a água deste córrego. No presente estudo foi verificado que 100% das amostras apresentaram valor maior do que o estabelecido pela Resolução Conama 357/2005 para águas classe 2.

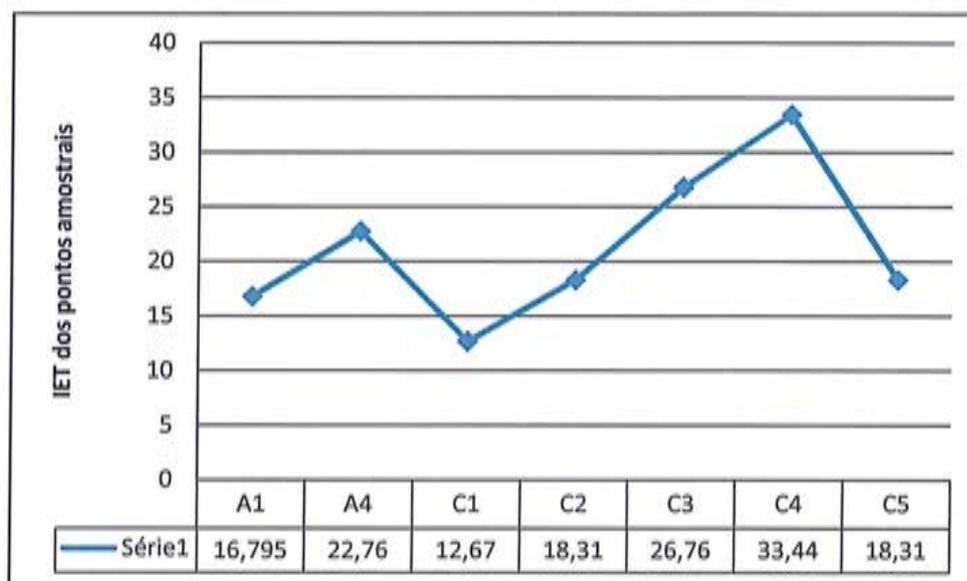
THEBALDI *et al.* (2010) em estudo realizado no córrego Jaboticabal/GO observaram que apenas um dos pontos monitorados apresentou valor alto de ferro e constataram que apesar do efluente tratado utilizado para a irrigação conter alta concentração de ferro, a capacidade de assimilação do ferro pelo córrego é alta, sendo o ferro presente no córrego considerado de baixo potencial de danos quando usado para irrigação. Efeito contrário foi observado no córrego em estudo, onde a capacidade de assimilação do ferro pelo córrego não foi satisfatória, onde todos os pontos amostrados apresentaram ferro alto.

### **5.6 Índice de Estado Trófico - IET**

O IET foi calculado utilizando apenas o PT, sendo a variável Clorofila *a* desconsiderada para a classificação do índice. De acordo com LAMPARELLI, 2004, no caso de não haver resultados para o fosforo total ou para a clorofila *a*, o índice será calculado com o parâmetro disponível e considerado equivalente ao IET.

Para o cálculo foi utilizada a equação 4 (córregos) e a equação 6 (reservatórios), citadas neste trabalho. Foi calculado o IET dos pontos: A3, A4, C1, C2, C3, C4 e C5, onde todos foram classificados como ultraoligotrófico (IET≤47), conforme imagem 22.

Figura 22 - Gráfico do IET dos pontos amostrais



ZANINI *et al.*(2010), em estudo realizado no córrego Rico/SP perceberam que o IET foi afetado pelos períodos de chuva e de seca. Nos períodos chuvosos a quantidade de material suspenso aumentou acentuadamente a turbidez, havendo indícios de carreamento de fósforo e cloreto.

PONTES *et al.*(2012), ao avaliarem a qualidade da água na microbacia do córrego Banguelo notaram que praticamente todos os valores de fosfato apresentavam-se acima do estabelecido pela resolução CONAMA 357/05. No entanto, relataram que este aumento já era esperado considerando-se que o escoamento de áreas urbanas, agrícolas e de matas podem contribuir para o aumento da concentração de fósforo, principalmente em períodos chuvosos.

## 6 CONCLUSÃO

A água em estudo se enquadra na classe 2, porém o ponto C4 foi o mais prejudicado, não apresentou qualidade compatível estando este fato relacionado aos efluentes domésticos e a atividade agrícola.

O córrego Água Comprida apresentou índices de ferro maiores do que os valores estabelecidos pela Resolução Conama 357/05 em todos os pontos amostrados. A quantidade de ferro presente na água está relacionada a quantidade de ferro existente no solo. Essa variável não apresenta condições de qualidade da água compatível com a classe 2.

O IQA dos pontos analisados indicaram qualidades compatíveis com os locais, sendo que o ponto A1 não recebe efluentes diretos, este foi classificado com excelente qualidade. O ponto C4 é o que recebe maior quantidade de efluentes, sendo sua qualidade afetada. O ponto C5 apresenta qualidade média.

O IET foi considerado ótimo, não acarretando prejuízos quanto ao uso das águas dos pontos avaliados.

A qualidade da água para irrigação dos pontos analisados não apresentou risco de salinização do solo. O ponto C1 foi considerado ótimo para irrigação. Os pontos A1, C4 e C5 apresentam potencial de danos aos sistemas de irrigação devido à concentração de ferro.

A quantificação do glifosato foi considerada satisfatória em todos os pontos analisados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA): Portal da Qualidade das Águas- **Redes de Monitoramento**. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>, acessado em agosto de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA: Portal da Qualidade das Águas – **Indicadores de Qualidade – Índice de Estado Trófico (IET)**. Disponível em <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-estado-trofico.aspx>, acessado em agosto de 2016.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA: Portal da Qualidade das Águas – **Indicadores de Qualidade - Índice de Qualidade das Águas (IQA)**. Disponível em <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-idade-aguas.aspx>, acessado em agosto de 2016.

ALVAREZ, V. V. H. *et al.*. **Interpretação dos resultados das análises de solos. In: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais C733r Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes 1999 em Minas Gerais - 5ª Aproximação /** Antonio Carlos Ribeiro, Paulo Tácito Gontijo Guimarães, Victor Hugo Alvarez V., Editores. – Viçosa, MG, 1999. 359p.

ALVES E. C. *et al.*. **Avaliação da qualidade da água da bacia do rio Pirapó- Maringá, estado do Paraná, por meio de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos.** Acta Sci. Technol. Maringá, v.30, n.1, p.39-48, 2008.

ALVES I.C.C. *et al.*. **Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil);** Acta Amazonica; vol. 42(1) 2012: 115 – 124.

AMARANTE Jr. *et al.*. **Glifosato: Propriedades, toxicidade, usos e legislação;** Quimica Nova, Vol. 25, No. 4, 589-593, 2002.

ANDRADE, E. M. **A irrigação e suas implicações sobre o capital natural em regiões áridas e semiáridas: uma revisão.** Revista CERES, Viçosa, v. 56, n. 4, p. 390-398, 2009.

APHA, AWWA, WEF – AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION, WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** 20th Ed. Washington DC, USA: APHA / AWWA / WEF, 1998.

ARAUJO, F. V. *et. al.*. **Avaliação da qualidade da água utilizada para irrigação na bacia do Córrego Sujo, Teresópolis, RJ.** Cad. Saúde Colet., Rio de Janeiro, 23 (4): 380-385, 2015.

ARMAS, E. D. *et. al.*. **Uso de agrotóxicos em cana-de-açúcar na bacia do Rio Corumbataí e o risco de poluição hídrica.** Quím. Nova, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 975-982, Dec. 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COMÉRCIO DE SEMENTES E MUDAS (ABCSEM). Disponível em [www.abcsem.com.br/](http://www.abcsem.com.br/) Acessado em agosto de 2016.

ATTANASIO *et al.*. **A importância das áreas ripárias para a sustentabilidade hidrológica do uso da terra em microbacias.** Bragantia, Campinas. V.71, n 4, p 493-501, 2012.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p

BAIRD, C.; CANN, M. **Química Ambiental.** 4ª ed. Porto Alegre: Bookman, 844p, 2011.

BARBOZA, G.C.; HERNANDEZ, F.B.T.; FRANCO, R.A.M. **Análise dos riscos á sistemas de irrigação causados pela qualidade da água do córrego Coquinhos, SP.** R. Bras. Agric. Irrigada, v.5, n.1, p.24-36, 2011.

BARROS, R.V.G.; SOUZA, C.A.; **Qualidade do recurso hídrico do córrego André, Mirassol D'Oeste, MT.** Revista Brasileira de Ciências Ambientais, n.24, junho/2012.

BERNARDO, S., SOARES, A. A., MANTOVANI, E. C.; **Manual de Irrigação.** 7ª edição atualizada e ampliada – editora UFV, Universidade Federal de Viçosa, 2005.

BRASIL. Decreto N° 24.643 de 10 de julho de 1934. Publicado no Diário Oficial da União em 27/07/1934.

BRASIL. Lei N° 9433, de 8 de janeiro de 1997. Política Nacional de Recursos Hídricos

BRASIL. Lei N° 11.326 de 24 de julho de 2006. Diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais.

BRASIL. Portaria do Ministério da Saúde N° 2914 de 12 de dezembro de 2011. Publicado no Diário Oficial da União n° 239, de 14 de dezembro de 2011.

BRASIL. Resolução CONAMA N° 420 de 28 de dezembro de 2009. Publicado no DOU n° 249, de 30/12/2009

BRASIL. Resolução CONAMA N° 357 de 17 de março de 2005. Publicada no DOU n° 053, de 18/03/2005

BRASIL. Resolução CONAMA N° 274 de 29 de novembro de 2000. Publicada no DOU no 18, de 25 de janeiro de 2001.

BRASIL. PORTARIA MINTER n° 86, de 4 de junho de 1981. “Enquadra os cursos d’água da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul”.

BRATTI, F. C. **Uso de cama de aviário como fertilizante orgânico na produção de aveia preta e milho**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2013.

BUCCI, M. H. S. e OLIVEIRA, L. F. C. **Índices de qualidade da água e de estado trófico na represa Dr. João Penido (Juiz de Fora, MG)**. – Revista Ambient. Água, vol9 n.1 Taubaté – Jan/Mar. 2014.

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.

CADASTRO GERAL DE EMPREGADOS E DESEMPREGADOS (CAGED). Disponível em <http://trabalho.gov.br/trabalhador-caged>, acessado em agosto de 2016.

CAPOANE V., TIECHER T., SANTOS D.R.; **Uso da terra e qualidade da água: influencia das zonas ripárias e úmidas em duas bacias hidrográficas do planalto do Rio Grande do Sul**. Geografia, ensino e pesquisa. V.20, n 2,p 163-175, 2016.

CAVALCANTE, L. F. **Sais e seus problemas nos solos irrigados**. Areia: UFPB, 2000. 71 p.

CHRISTOFIDIS, D. **Água, irrigação e agropecuária sustentável**; Revista de Política Agrícola; Ano XII – N° 1 – Jan/ Fev /Mar, 2013.

COLETTI, C. et al. **Water quality index using multivariate factorial analysis**. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v.14, n.5, p.517-522,2010.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL- CETESB. **Qualidade das águas subterrâneas no Estado de São Paulo**. São Paulo; CETESB, 2007.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO (CETESB). **IET – Índice de Estado Trófico**. São Paulo, 2007.

COSTA, A.B. *et al.*. **Desenvolvimento e aplicação de índices de qualidade da água**. Caderno de Pesquisa ,serie biologia, vol.24, n.1, 2010.

COSTA, F.B.; FERREIRA, V.O.; **Análise de parâmetros que compõem o índice de qualidade da água (IQA) na porção mineira da Bacia do Rio Paranaíba**. Revista Eletrônica de Geografia, v.7,n.18,p.22-47, set/2015.

CUNHA, D.G.F. & CALIJURI, M.C.; **Incompatibilidade da qualidade da água com o enquadramento legal de sistemas aquáticos – estudo de caso do rio Pariquera-Açu (SP)**; EngSanitAmbient ; v.15; n.4 ; out/dez 2010 ; p. 337-346.

CUNHA, H. F. A.; LIMA, D. C. I.; BRITO, P. N. de F.; CUNHA, A. C. da; SILVEIRA JUNIOR, A. M. da; BRITO, D. C. ;**Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação**. Ambi-Agua, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 155-165, 2012.

DELLAMATRICE, P. M.; MONTEIRO, R. T. R.. **Principais aspectos da poluição de rios brasileiros por pesticidas**. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, Campina Grande , v. 18, n. 12, p. 1296-1301, Dec. 2014 .

DIÁRIO DO VALE. Disponível em <http://diariodovale.com.br/tag/santa-rita-de-cassia/>, acessado em Agosto de 2016.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA- **Embrapa Hortaliças**. Ano IV - Número 15;2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA- EMBRAPA- **Qualidade da água de irrigação**. Almeida O.A.; Cruz das Almas, BA, dez/2010.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER). Disponível em: [http://www.emater.rj.gov.br/images/CULT\\_2015.htm](http://www.emater.rj.gov.br/images/CULT_2015.htm) Acessado em 21/11/2016.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL (EMATER). Disponível em: [http://www.emater.rj.gov.br/images/munic\\_2015.htm](http://www.emater.rj.gov.br/images/munic_2015.htm) Acessado em 21/11/2016.

FANTON, G. *et al.*.**Condições ambientais do espaço urbano do Município de David Canabarro-RS**. Estudos Geográficos, Rio Claro, v. 6, n. 2, p. 75-92, abr. 2008.

FARIAS, M. S. S.; **Monitoramento da qualidade da água na Bacia Hidrográfica do Rio Cabelo**. Tese de Doutorado. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande: Campina Grande, 152p, 2006.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). Disponível em :<http://www.fao.org/news/story/pt/item/243923/icode/> Acessado em junho 2016.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA), **Manual Prático de análise da água**. Brasília, 2006. [www.funasa.gov.br/site/wp...mf/manualcont\\_quali\\_agua\\_tecnicos\\_trab\\_emetas.pdf](http://www.funasa.gov.br/site/wp...mf/manualcont_quali_agua_tecnicos_trab_emetas.pdf) Acessado em 18/02/2017.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DE PROTEÇÃO AMBIENTAL HENRIQUE LUIZ ROESSLER (FEPAM). Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/iqagua.asp> Acessado em 20/03/2017

FUKAYAMA, E. H. **Características quantitativas e qualitativas da cama de frango sob diferentes reutilizações: efeitos na produção de biogás e biofertilizante**. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. 2008.

GARMIN. Disponível em <https://www.garmin.com/pt-BR>, acessado em abril de 2017.

GLEBER L. *et al.*. **Adaptação metodológica no cálculo de cargas contaminantes de fósforo em bacias hidrográficas**. R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v.16, n.7, p.769-776, 2012.

GONÇALVES, C. S.; RHEINHEIMER, D. DOS S.; PELLEGRINI, J. B. R.; KIRST, S. L. **Qualidade da água numa microbacia hidrográfica de cabeceira situada em região produtora de fumo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.3, p.391-399, 2005.

HACH. Disponível em <https://www.hach.com/hq40d-portable-ph-conductivity-dissolved-oxygen-orp-and-ise-multi-parameter-meter/product?id=7640501639>, acessado em abril de 2017.

HANNA Instruments. Disponível em <http://hannainst.com/products/portable-meters/turbidity-portable/hi9829-multiparameter-ph-ise-ec-do-turbidity-waterproof-meter-with-gps-option.html>, acessado em abril de 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Sistema de recuperação automática - SIDRA**. 2012. Disponível em: [www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br) Acessado em 10/05/2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=rj#> Acessado em 23/05/2016

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE) <http://www.ibge.gov.br/estadosat/> Acessado em 20/10/2016.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Qualidade das águas superficiais de Minas Gerais em 2013**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2013. Disponível em [http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/qualidade\\_aguas/2014/resumo-executivo-2013.pdf](http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/qualidade_aguas/2014/resumo-executivo-2013.pdf), acessado em Abril de 2017.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Monitoramento da qualidade das Águas Superficiais em 2012**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Belo Horizonte: IGAM, 2012.

JÚNIOR, J. L. R.; DE SOUZA, J. L. C.; RÉ-POPPI, N. **Evaluation of Metal Ions and Nitrate Levels in Ground Water From Private Wells in Culturama (State of Mato Grosso do Sul, Brazil)** by Flame AAS. Atomic Spectroscopy, v.29, n.4, p.137-144, 2008.

KAMIMURA A., OLIVEIRA A.; BURANI G. F. **A agricultura familiar no Brasil: um retrato do desequilíbrio regional**. Interações (Campo Grande), Campo Grande, v. 11, n. 2, p. 217-223, Dec. 2010.

KLEIN C.; AGNE S.A.A.; **Fósforo: de nutriente e poluente**. Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental. V (8), nº 8, p. 1713-1721, SET-DEZ, 2012.

LAMPARELLI, M.C.; **Graus de trofia em corpos d'água do Estado de São Paulo. Avaliação dos métodos de monitoramento**. Tese de doutorado, Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. SP/2004.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 444p, 2005.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 328 p.

MERTEN, G.H.; MINELLA, J.P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia. Porto Alegre, v.3,n.4, out/dez 2002.

MARTINS P.E.S.M.*et al.* **Práticas de manejo de irrigação como medida de conservação do solo e da água**. Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.6, N.10, Pag 01, 2010 .

MATOS P.F.; PESSÔA V.L.M.; **Modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território**. Geo UERJ - Ano 13, v. 2, nº. 22, p. 290-322,2011

MEDEIROS, J. F. de; NASCIMENTO, I.B.; COSTA, M. da C.; SCALOPPI, E.J. **Produção de melão sob diferentes laminas de água com dois níveis de salinidade**. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v.18, p.612-614, 2000. Suplemento.

MENEZES J.P.C, BERTOSSI A.P.A, SANTOS A.R, NEVES M.A. **Correlação entre uso da terra e qualidade da água subterrânea**. EngSanitAmbient , v.19, n.2 , abr/jun 2014 , p.173-186.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Disponível em <http://www.agricultura.gov.br/vegetal/mercado-interno> Acessado em 22/05/2016.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Disponível em: [www.agricultura.gov.br/](http://www.agricultura.gov.br/) Acessado em agosto de 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA), **Manual de impactos ambientais**. Disponível em: [www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/arquivos/manual\\_bnb.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/arquivos/manual_bnb.pdf) Acessado em 23/05/2016.

MOREIRA, M. R. S.; **Um olhar sobre a agricultura familiar, a saúde humana e o ambiente**. Cienc. Cult., São Paulo, v. 65, n. 3, p. 53-57, July 2013.

MORETTO, D.L.; **Calibração do índice de qualidade da água (IQA) para a bacia hidrográfica do Rio Pardo, RS, Brasil.** Dissertação (mestrado), UNISC, 2011.

NIEDERLE, P. A.; FIALHO, M. A. V; CONTERATO, M. A.; **A pesquisa sobre agricultura familiar no Brasil - aprendizagens, esquecimentos e novidades.** Rev. Econ. Sociol. Rural, Brasília, v. 52, supl. 1, p. 9-24, 2014.

OLIVEIRA C.N.; CAMPOS V.P.; MEDEIROS Y.D.P. **Avaliação e identificação de parâmetros importantes para a qualidade de corpos d'água no semiárido baiano. Estudo de caso: bacia hidrográfica do rio salitre;**Quim. Nova, Vol. 33, No. 5, 1059-1066, 2010.

PAIVA, L. C.; SOUZA, A. O. **Avaliação de alguns parâmetros físico-químicos da água do rio Riachão no município de Caatiba – BA.** Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer – Goiânia, v.6, n.9, 11p, 2010.

PATERNIANI, E. **Agricultura sustentável nos trópicos.** Estud. av., São Paulo, v. 15, n. 43, p. 303-326, Dec. 2001.

PAZ V. P. S.*et al*; **Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente;** r. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, campinagrande, v.4, n.3, p.465-473, 2000

PERES, G.G.*et al*; **The southern Araçuaí belt and the Dom Silvério Group: geologic architecture and tectonic significance.**Anais Acad. Bras. Ciênc., 76:771– 790. 2004.

PEREIRA-SILVA, E.F. *et al*; **Avaliação da qualidade da água em microbacias hidrográficas de uma unidade de conservação do nordeste do estado de SP, Brasil.** Rev. Bras. de Biociências, Porto Alegre, v.9, n.3, p.371-381, jul/set, 2011.

PONTES, P. P.; MARQUES, A. R.; MARQUES, G. F. ;**Efeito do uso e ocupação do solo na qualidade da água na micro-bacia do Córrego Banguelo – Contagem.** Ambi-Agua, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 183-194, 2012.

PREFEITURA MUNICIPAL DE BARRA MANSA. Disponível em: <http://www.barramansa.rj.gov.br> Acessado em 20/10/2016

PREZA, D.;L.; C; AUGUSTO, L.; G; S.; **Vulnerabilidades de trabalhadores rurais frente ao uso de agrotóxicos na produção de hortaliças em região do Nordeste do Brasil.** Rev. bras. saúde ocup. 2012, vol.37, n.125, pp. 89-98.

REYNOL F.; **As armas da agropecuária para ajudar a matar a sede do planeta.** Ver. Ciências para a vida, Embrapa. Set-Dez; p. 15-16, 2014.

RIBEIRO M.D. et al. **Horticultura irrigada no semiárido brasileiro segundo dados do IBGE.** II INOVAGRI International Meeting; 2014.

SANTIN J.R.; GOELLNER E.; **A Gestão dos Recursos Hídricos e a Cobrança pelo seu Uso.** Sequência (Florianópolis), n. 67, p. 199-221, dez. 2013.

SANTOS, M. S.; **Crescimento e produção de gergelim sob irrigação com água residuária tratada e adubação com torta de mamona;** Dissertação; UFCG; Centro de Tecnologia e Recursos Naturais ;2009

SECRETARIA DA AGRICULTURA, PECUÁRIA, IRRIGAÇÃO, PESCA E AGRICULTURA (SEAGRI). Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/noticias/2015/09/14/safra-brasileira-de-gr%C3%A3os-deve-crescer-86> Acessado em 22/05/2016

SEDIYAMA M.A.N.; SANTOS I.C.S.; LIMA P.C. **Cultivo de hortaliças no sistema orgânico.** Rev. Ceres, Viçosa, v. 61, Suplemento, p. 829-837, nov/dez, 2014

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE NACIONAL). Disponível em <http://sbrt.ibict.br/instituicoes-integrantes/sebrae-nacional>, acessado em agosto de 2016.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE NACIONAL). Disponível em <http://sbrt.ibict.br/instituicoes-integrantes/sebrae-nacional>, acessado em agosto de 2016.

SILVA, A.G.; SOUZA, L.D. **Efeitos antrópicos e sazonais na qualidade da água do Rio Carmo.** HOLOS, ano 29, vol.5, 2013.

SILVA, A. F. S., **Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas.** Revista Ambient. Água vol. 11 n. 2 Taubaté – Apr./Jun. 2016.

SILVA, I.N. *et al.*; **Qualidade da água para irrigação.** ACSA- Agropecuária Científica no Semi-Arido, v.7, n.3, julho/setembro, 2011.

SOUSA, T. P *et al.* **Análise da qualidade da água de irrigação em função de sua condutividade elétrica (concentração total de sais solúveis).** ACSA - Agropecuária Científica no Semi-Árido, v. 10, n. 3, p. 82-88, Jul - Set, 2014.

STAFF, H. **Hidroponia.** 2. ed. Cuiabá: Sebrae/MT, 1998. 86 p.

STEFFEN G. P. K.; STEFFEN R.B.; ANTONIOLLI Z.I.; **Contaminação do solo e da água pelo uso de agrotóxicos.** TECNO-LÓGICA, Santa Cruz do Sul, v. 15, n. 1, p. 15-21, jan./jun. 2011.

THEBALDI M. S. *et al.* **Qualidade da água de um córrego sob influência de efluente tratado de abate bovino.** R. Bras. Eng. Agric. Ambiental, v.15, n.3, p.302-309, 2011.

TOLEDO, L.G.; NICONELA,G. **Índice de qualidade de água em microbacias urbanoagrícola e urbano.** Scientia Agrícola, v.59,n.1, p.181-186,2002.

TUNDISI, J.G.; MATSUMURA-TUNDISI, T.; ABE, DS.. **A dinâmica ecológica da represa de Barra Bonita: as implicações na sua biodiversidade.** Braz. J. Biol., São Carlos, v. 68, n. 4, supl. p. 1079-1098, Nov. 2008.

VANZELA L.S., HERNANDEZ F.B.T., FRANCO R.A.M.; **Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do córrego Tres Barras, Marinópolis.** R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.14, n.1, p.55-64, 2010.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos,** volume 1, 3ª edição, Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

XAVIER, C. F., **Avaliação da influência do uso e ocupação do solo e de características geomorfológicas sobre a qualidade das águas de dois reservatórios da região metropolitana de Curitiba – Paraná.** Curitiba, 2005.

ZANINI H.L.H.T., AMARAL L.A., ZANINI J.R. **Caracterização da água da microbacia do Córrego Rico avaliada pelo índice de qualidade de água e de estado trófico;** Eng. Agríc., Jaboticabal, v.30, n.4, p.732-741, jul./ago. 2010