

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DE FORMIGA – UNIFOR-MG**  
**CURSO DE ENGENHARIA QUÍMICA**  
**MARYENE DUTRA PORTO**

**ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CANDONGA EM ARCOS – MG.**

**FORMIGA – MG**

**2018**

MARYENE DUTRA PORTO

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CANDONGA EM ARCOS – MG.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Química do UNIFOR-MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.  
Orientador: Antônio José dos Santos Júnior

FORMIGA – MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca UNIFOR-MG

P853 Porto, Maryene Dutra.  
Análise da qualidade da água do rio candonga em Arcos – MG /  
Maryene Dutra Porto. – 2018.  
58 f.

Orientador: Antônio José dos Santos Júnior.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) –  
Centro Universitário de Formiga - UNIFOR, Formiga, 2018.

1. Análises físicas. 2. Químicas e biológicas. 3. Poluição hídrica.  
4. Monitoramento ambiental. I. Título.

CDD 628.16

Catalogação elaborada na fonte pela bibliotecária  
Regina Célia Reis Ribeiro – CRB 6-1362

MARYENE DUTRA PORTO

ANÁLISE DA QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO CANDONGA EM ARCOS – MG.

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Engenharia Química do UNIFOR - MG, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Química.

BANCA EXAMINADORA



---

Ms. Antônio José dos Santos Júnior

Orientador



---

Prof<sup>a</sup>. Rosiene Gonzaga de Jesus Pimenta

UNIFOR-MG



---

Prof<sup>a</sup>. M.<sup>a</sup> Tânia Aparecida de Oliveira Fonseca

UNIFOR-MG

Formiga, 14 de novembro de 2018.

A Deus. Aos meus pais. Às minhas irmãs. Aos meus sobrinhos. Ao meu amor. A todas as pessoas especiais que me ajudaram neste trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

O sonho de ser Engenheira Química sempre morou em mim, e este sonho eu não conseguiria realizar sozinha. Muitas pessoas foram essenciais nesta caminhada.

Primeiramente agradeço a Deus, por sempre estar presente em minha vida guiando meus passos. Sem Ele nada seria possível.

Aos meus pais, Ari e Aparecida, por todo amor, carinho e incentivo, vocês são a minha base.

Às minhas irmãs, Ariene, Tatyane e Polyanna, por todo apoio, carinho e cumplicidade.

Aos meus sobrinhos Laura e Leonardo que preencheram minha vida com amor e alegria.

Ao Luís Henrique, por ser meu porto seguro e sempre estar presente em todos os momentos dessa caminhada. O amor, paciência, carinho e companheirismo vindos de você foram essenciais.

Às minhas amigas de sala e de vida, pela cumplicidade e bons momentos compartilhados, levarei vocês para sempre em meu coração.

Ao meu orientador, professor Antônio José dos Santos Júnior por todo conhecimento transmitido, pelo empenho, dedicação e instrução, com os quais me conduziu para a realização deste trabalho.

Aos mestres do curso de Engenharia Química, por todos os ensinamentos e preparo para os desafios futuros, em especial ao Michael Silveira Thebaldi, que sempre esteve disposto a me ajudar e compartilhou comigo o seu conhecimento.

À equipe de Meio Ambiente por ter despertado em mim as ideias para realizar este trabalho, pela oportunidade, confiança e conhecimentos compartilhados.

Sou imensamente grata a todos que de alguma forma passaram em minha vida e contribuíram com a realização deste trabalho.

## RESUMO

Os resíduos gerados em processos industriais, juntamente com os efluentes urbano-rurais, são os principais responsáveis pela poluição das águas no Brasil, que quando lançados sem tratamento em cursos de água, produzem uma série de danos ao meio ambiente. Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da água do Rio Candonga, localizado em Arcos-MG, em trecho que é receptor de efluentes industriais e domésticos, além de resíduos resultantes de atividades de agricultura e criação de animais, bem como comparar se os parâmetros físicos, químicos e biológicos atendem a legislação estadual vigente. As coletas foram realizadas em dois pontos (ponto A e ponto B) mensalmente ao longo do ano de 2017. Nos dois pontos analisados apresentaram desvios nos parâmetros físicos, químicos e biológicos quanto aos valores limitados pela Deliberação Normativa Conjunta nº 1 de 2008 do COPAM/CERH para águas classe 2. Porém, as análises do ponto B apresentaram altas concentrações de coliformes, que podem estar relacionadas ao lançamento de esgoto doméstico/sanitário sem tratamento prévio e ao carreamento de excrementos de animais para dentro do corpo hídrico. Recomenda-se que seja feito um monitoramento mais rígido e com mais pontos de coleta ao longo do rio, com o intuito de identificar a poluição desse corpo hídrico.

Palavras-chave: Análises físicas, químicas e biológicas. Poluição hídrica. Monitoramento ambiental.

## ABSTRACT

The waste generated in industrial processes, along with urban-rural effluents, are the main responsible for water pollution in Brazil, which when released without treatment in water courses, produce a series of damages to the environment. This work had as objective evaluate the water quality of the Candonga River, located in Arcos-MG, in stretch that is receptor of industrial and domestic effluents, besides waste resulting from agriculture and animal breeding, as well as to compare if the physical, chemical and biological parameters comply with state legislation in force. The collections were realized in two points (point A and point B) monthly throughout the year 2017. In the two analyzed points showed deviations in the physical, chemical and biological parameters regarding the values limited by the Joint Normative Deliberation No. 1 of 2008 of COPAM / CERH for waters class 2. However, the analyzes of point B presented high concentrations of coliforms, which may be related to the launching of domestic/sanitary sewage without previous treatment and the driving of animal excrement into the water body. It is recommended that be made a more rigid monitoring and with more collection points along the river, in order to identify the pollution of this water body.

Keywords: Physical, chemical and biological analyses. Water pollution. Environmental monitoring.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo Hidrológico .....	20
Figura 2 - Rio Candonga .....	22
Figura 3 - Poluição difusa e pontual .....	24
Figura 4 - Localização do município de Arcos no estado de Minas Gerais .....	32
Figura 5 - Localização Rio Candonga .....	33
Figura 6 - Possíveis contribuintes com lançamento de efluentes no Rio Candonga .	34
Figura 7 - Ponto de coleta A.....	35
Figura 8 - Ponto de coleta B.....	36

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Box-plot dos valores de sólidos sedimentáveis obtidos para os pontos A e B em mg/L.....	40
Gráfico 2 - Box-plot dos valores de sólidos dissolvidos totais obtidos para os pontos A e B em mg/L.....	41
Gráfico 3 - Box-plot dos valores de sólidos suspensos totais obtidos para os pontos A e B em mg/L.....	42
Gráfico 4 - Blox-plot dos valores de cor verdadeira obtidos para os pontos A e B em mg/L Pt-Co .....	44
Gráfico 5 - Box-plot dos valores de turbidez obtidos para os pontos A e B em NTU	45
Gráfico 6 - Box-plot dos valores de temperatura obtidos para os pontos A e B em °C.....	46
Gráfico 7 - Box-plot dos valores de demanda bioquímica de oxigênio obtidos para os pontos A e B em mg/L.....	47
Gráfico 8 - Box-plot dos valores de fósforo total obtidos para os pontos A e B em mg/L .....	48
Gráfico 9 - Box-plot de valores de oxigênio dissolvido obtidos para os pontos A e B em mg/L.....	49
Gráfico 10 - Box-plot dos valores de pH obtidos para os pontos A e B.....	50
Gráfico 11 - Box-plot dos valores de coliformes termotolerantes obtidos para os pontos A e B em UFC/100mL.....	52
Gráfico 12 - Box-plot dos valores de coliformes totais obtidos para os pontos A e B em UFC/100mL .....	52
Gráfico 13 - Box-plot dos valores de estreptococos fecais obtidos para os pontos A e B em UFC/100mL .....	54

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Localização dos pontos de coleta .....	35
Quadro 2 - Valores máximos permitidos para os parâmetros pré-determinados de acordo com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1/2008 .....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Metodologia das análises.....	37
Tabela 2 - Resultados de cor verdadeira em mg/L Pt-Co .....	43

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
°C	Graus célsius
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DN	Deliberação Normativa
Km	Quilômetro
Km <sup>2</sup>	Quilômetro Quadrado
Km <sup>3</sup>	Quilômetro cúbico
MG	Minas Gerais
mg/L	Miligrama por Litro
mL	Mililitro
NMP	Número Mais Provável
NTU	Unidade Nefelométrica de Turbidez
OD	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SST	Sólidos Suspensos Totais
UFC	Unidade Formadora de Colônias
UTM	Sistema Universal Transverso de Mercator
WGS	World Geodetic System

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	15
2	OBJETIVOS.....	16
2.1	Objetivo geral .....	16
2.2	Objetivos específicos .....	16
3	JUSTIFICATIVA.....	17
4	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
4.1	Recursos hídricos .....	18
4.2	Ciclo hidrológico .....	19
4.3	Bacia hidrográfica .....	20
4.4	Ambientes lóticos .....	21
4.5	Qualidade das águas superficiais.....	22
4.6	Poluição hídrica.....	23
4.7	Parâmetros de qualidade das águas superficiais .....	26
4.7.1	Parâmetros físicos.....	26
4.7.2	Parâmetros químicos .....	28
4.7.3	Parâmetros biológicos .....	29
4.8	Monitoramento da qualidade da água .....	30
5	MATERIAL E MÉTODOS .....	32
5.1	Caracterização da área de estudo .....	32
5.2	Análises laboratoriais .....	36
5.3	Análises dos resultados e testes estatísticos .....	37
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	39
6.1	Parâmetros físicos .....	39
6.2	Parâmetros químicos .....	46
6.3	Parâmetros biológicos.....	50
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	55
	REFERÊNCIAS.....	56

## 1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural que, embora considerado renovável, é limitado, estando sujeito a diversas formas de esgotamento.

A importância da água é conhecida tanto nos processos vitais, quanto para a saúde humana. Além disso, esse recurso natural limitado é essencial para o desenvolvimento de diversas atividades antrópicas, tais como a produção de alimentos, de energia, de bens de consumo, de transporte e de lazer, assim como para a manutenção e o equilíbrio ambiental dos ecossistemas terrestres (LIMA, 2001).

A crescente urbanização e a concentração demográfica nos grandes centros populacionais têm contribuído de forma crescente para deterioração da qualidade das águas. Paralelamente à redução da qualidade, as demandas urbanas por água crescem proporcionalmente à população, impondo a necessidade de se buscar água em outros locais.

Os impactos ambientais, sociais e econômicos da degradação da qualidade das águas se traduzem, entre outros, na perda da biodiversidade, no aumento de doenças de veiculação hídrica, no aumento do custo de tratamento das águas destinadas ao abastecimento doméstico e ao uso industrial, na perda de produtividade na agricultura e na pecuária, na redução da pesca e na perda de valores turísticos, culturais e paisagísticos (ANA, 2012).

Todas as fontes de poluição determinam um grau de contaminação do meio hídrico atingido. Esse grau de contaminação, por sua vez, é mensurado pela alteração de parâmetros físicos, químicos e biológicos, identificados e traçados por parâmetros de qualidade das águas (SILVA, 2015).

Este trabalho buscou analisar a qualidade da água do Rio Candonga, por se tratar de um rio que está exposto a fenômenos naturais e principalmente ações antropogênicas, como a geração de efluentes domésticos e industriais, criações de animais, aplicação de insumos agrícolas e manejo inadequado do solo, o que contribui para a incorporação de compostos orgânicos e inorgânicos e desta forma, alterando diretamente a sua qualidade.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo geral**

Analisar a qualidade da água do Rio Candonga, localizado em Arcos-MG, no ano de 2017, em trecho que é receptor de efluentes industriais e domésticos, além de resíduos resultantes de atividades de agricultura e criação de animais.

### **2.2. Objetivos específicos**

Os objetivos específicos são:

- Avaliar a qualidade do curso d'água nos pontos A e B;
- Analisar os parâmetros físicos (cor verdadeira, sólidos dissolvidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, temperatura e turbidez), químicos (demanda bioquímica de oxigênio, fósforo total, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico) e biológicos (coliformes termotolerantes, coliformes totais, estreptococos fecais);
- Verificar se os parâmetros físicos, químicos e biológicos atendem a legislação estadual vigente (COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08);
- Realizar análise estatística dos dados, a fim de observar o comportamento da qualidade da água do Rio Candonga.

### 3. JUSTIFICATIVA

Os rios são fontes de um dos recursos naturais indispensáveis aos seres vivos, mas devido a algumas ações do ser humano este recurso vem sendo degradado. O mundo enfrenta sérias dificuldades no cenário ambiental com destaque para a poluição das águas. A poluição das águas superficiais é caracterizada pela contaminação por elementos físicos, químicos e biológicos que podem ser prejudiciais aos organismos, plantas e à atividade humana.

Faz-se necessário realizar uma análise da qualidade da água do Rio Candonga, visto que é um rio que está exposto a várias ações antropogênicas e sua localização é em uma área considerada urbano-rural, onde existem atividades de indústrias, agricultura e criação de animais, além de pequenas propriedades e moradias. Devido a esses fatores, a qualidade da água do rio pode ser afetada causando principalmente a redução da vida aquática, e dependendo do nível de poluição pode causar também o mau cheiro e o desenvolvimento de microrganismos, facilitando a proliferação de doenças.

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1. Recursos hídricos

A água é um recurso natural renovável essencial à vida. Possui um papel fundamental em diferentes atividades humanas, além disso, compõe a paisagem e o meio ambiente. Este recurso é indispensável no que diz respeito ao bom funcionamento dos ecossistemas e à qualidade de vida da população, estando presente em diversos processos como a geração de energia elétrica, abastecimento industrial e doméstico, agricultura e lazer (TUNDISI, 2014).

De acordo com Rebouças (2001), a água é sobretudo um bem ambiental e pode se tornar um bem econômico. É a única matéria-prima ambiental cuja utilização tem um efeito de retorno sobre o manancial utilizado. Desta maneira a gestão dos recursos hídricos, sendo eles a água de chuva; rios; subterrâneas e de reuso não potável no meio urbano, nas indústrias e na agricultura, principalmente, deve considerar o uso cada vez mais eficiente da água disponível, ou seja, a obtenção de cada vez mais benefícios com o uso de cada vez menos água e proteção da sua qualidade.

Segundo Kobiyama, Mota e Corseuil (2008), 97,5% da água do planeta compõem os oceanos e mares. Desta forma, apenas 2,5% da água existente é doce e encontra-se distribuída em diversas regiões. Nota-se a pouca quantidade de água doce disponível, se comparada à quantidade total de água do planeta. Além disso, a maior parte encontra-se armazenada em geleiras e calotas polares, não estando prontamente disponíveis ao homem.

Os recursos hídricos são compreendidos como fontes de valor econômico essencial para a sobrevivência e desenvolvimento dos seres vivos. Eles são abundantes na natureza e, por isso, durante muitos anos se pensou que a falta de água potável era impossível. Isso causou certa despreocupação com a preservação desse recurso e as sociedades modernas continuaram a se desenvolver formando grandes centros urbanos a qualquer custo, deixando de lado a preocupação com a possível contaminação do meio ambiente (KOBİYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008).

O volume de água utilizado pelo homem vem aumentando ao longo dos anos. No início do século XX, esse valor era de aproximadamente 580 km<sup>3</sup>/ano e, ao final do século, chegou a quase 4000 km<sup>3</sup>/ano. Enquanto isso, no mesmo período, a

população apresentou um crescimento de aproximadamente dois bilhões de pessoas, chegando a cerca de seis bilhões. Sendo assim, o volume de água utilizado aumentou de seis a sete vezes, enquanto a população no planeta aumentou aproximadamente três vezes durante o século XX (LIMA, 2001).

É possível afirmar que o crescimento acelerado da população verificado nas últimas décadas é a maior causa do aumento da poluição dos corpos d'água, pois os impactos pertinentes à ocupação urbana e às atividades industriais, agrícolas e pecuárias resumem-se na consequência mais visível deste aumento. Aliado a maior geração de esgotos domésticos nos centros urbanos, agravando a poluição, o aumento da produção agrícola resulta em uso mais intensivo de agrotóxicos e fertilizantes, que das mais variadas formas alcançam os corpos d'água, sendo uma das principais características da poluição difusa. Neste cenário, o incremento das atividades industriais também contribui com a maior geração de resíduos, favorecendo a contaminação especialmente por metais pesados (LIBÂNIO, 2010).

O Brasil possui situação privilegiada em relação à sua disponibilidade hídrica, com aproximadamente 12% das águas doces disponíveis em todo o mundo. Porém, estes recursos estão distribuídos de forma irregular no território brasileiro. Cerca de 70% da água doce do país encontra-se na região amazônica, que é a região menos povoada, representada por 5% da população. Essa distribuição irregular se deve à influência de grande variedade de processos climatológicos que são responsáveis pela distribuição e a disponibilidade da água (SETTI, 2001).

Além disso, a água doce no Brasil está ameaçada pelo crescimento da população e da ocupação desordenada do solo, do desenvolvimento industrial e tecnológico, que vêm acompanhados de interferências antrópicas como poluição, erosão, desertificação e contaminação do lençol freático, principalmente através de lançamento de esgotos em locais inadequados (MACHADO, 2003).

## **4.2. Ciclo hidrológico**

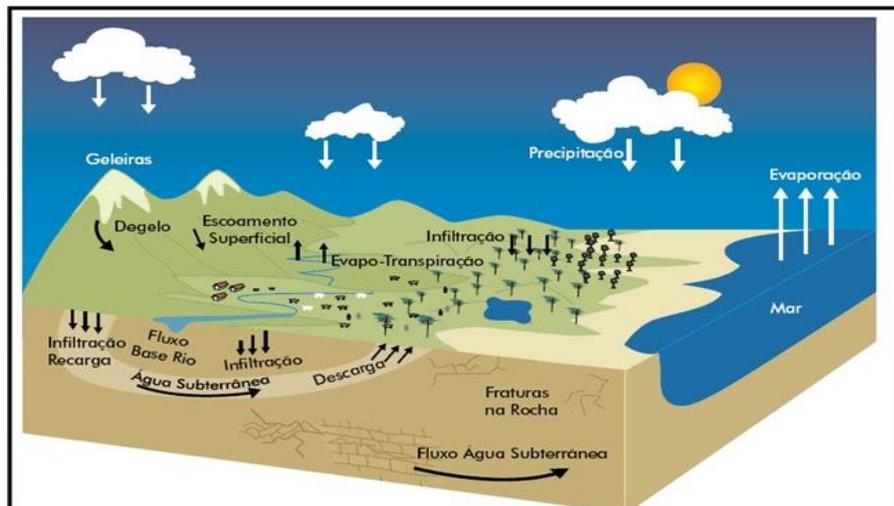
A água está em constante movimento, nas três fases em que pode ser encontrada (gasosa, líquida e sólida). Essa circulação totalmente natural que a água realiza é chamada de ciclo hidrológico. Sendo assim, esse recurso está em constante renovação, compondo rios, lagos, chuvas, nuvens, oceanos, neve e ao mesmo tempo em que é consumida pelos seres vivos. Devido a este ciclo, ocorre a

variabilidade espacial dos recursos hídricos. A concentração da água no planeta Terra não é de forma uniforme, ou seja, há regiões, países, que possuem mais água do que outros, de acordo com o clima, vegetação e características próprias do local (KOBİYAMA; MOTA; CORSEUIL, 2008).

O ciclo hidrológico tem o seu início a partir do vapor de água presente na atmosfera que, sob determinadas condições meteorológicas, condensa-se, formando microgotículas de água que se mantêm suspensas devido à turbulência natural. Este ciclo é considerado como o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre (TUCCI, 2000).

Segundo Freire e Omena (2005), o ciclo hidrológico envolve cinco processos distintos: evapotranspiração; precipitação; infiltração; escoamento superficial e escoamento subterrâneo. Tais processos estão ilustrados na FIG. 1.

Figura 1 - Ciclo Hidrológico



Fonte: MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2018.

### 4.3. Bacia hidrográfica

Para Góis e Mendes (2013), a bacia hidrográfica pode ser definida como uma região ou sistema físico em que a entrada é a chuva precipitada, que ocorre em qualquer ponto da mesma, e que forma o volume de entrada da bacia e drena por gravidade para uma seção transversal, chamada de exutório. O total da vazão que passa por essa seção em um determinado tempo é o volume de saída da bacia.

A bacia hidrográfica é definida como uma unidade geográfica constituída por uma área da superfície terrestre que contribui para a sua formação e o armazenamento de determinado curso d'água. As bacias de cabeceiras são pequenas áreas de terras encontradas em regiões montanhosas, onde se formam as nascentes e drenam córregos e riachos. Uma bacia hidrográfica, normalmente, é constituída por diversas microbacias, que por sua vez possuem inúmeros pequenos riachos que formam a malha de drenagem dessa bacia (ALVES, 2000).

A vazão de um rio é resultado da interação entre a precipitação e a bacia, e depende das características físicas da bacia que influenciam a infiltração, o armazenamento e a evapotranspiração. Durante as chuvas intensas, a maior parte da vazão que passa por um rio é a água da própria chuva que não consegue penetrar no solo e escoar rapidamente aumentando a vazão. E é desta maneira que são formados os picos de vazão. A este escoamento rápido dá-se o nome de escoamento superficial, e ao lento, escoamento subterrâneo (GÓIS E MENDES, 2013).

A localização do Rio Candonga está na bacia hidrográfica do Rio São Miguel, que se situa em uma área de elevada fragilidade natural conferida pelo sistema cárstico Arcos-Pains, na borda meridional da Bacia do São Francisco, MG. O rico patrimônio geomorfológico modelado nas rochas carbonáticas vem sofrendo fortes influências humanas derivadas das atividades de mineração do calcário, e também das atividades relacionadas à agricultura, agropecuária e urbana (HADDAD; JUNIOR 2010).

#### **4.4. Ambientes lóticos**

Os rios são conhecidos como ambientes lóticos, ambientes aquáticos de água corrente, altamente susceptíveis à poluição ou contaminação e podem ser classificados em intermitentes e perenes, sendo de serra ou de vale. Na situação de intermitentes, o escoamento ocorre somente em certas épocas do ano, sendo alimentado por água de minas ou outras fontes superficiais e, geralmente, é encontrado em regiões semiáridas como no nordeste do Brasil. Já o rio perene, cujo escoamento não é interrompido, tem como exemplos os rios das regiões Norte, Sul e Sudeste do Brasil (DI BERNARDO; SABOGAL PAZ, 2008). Nesses moldes,

enquadra-se o Rio Candonga, de caráter perene, localizado na cidade de Arcos-MG e objeto de estudo deste trabalho (FIG. 2).

Figura 2 - Rio Candonga



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2018.

#### **4.5. Qualidade das águas superficiais**

A água sofre alterações durante o ciclo hidrológico, devido às condições naturais, e em razão das inter-relações dos componentes do meio ambiente. Tais alterações são acentuadas quando os recursos hídricos são destinados ao uso para demandas de centros urbanos e do setor agrícola (SILVA; PRUSKI, 2005).

Para Telles (2013), em qualquer momento do ciclo hidrológico, a água pode ser contaminada, esteja ela no estado de vapor em contato com a atmosfera, quanto no estado líquido, seja na fase de precipitação, seja no contato com a superfície terrestre e, cada vez mais, em decorrência das atividades antropogênicas (causadas pelo homem).

A caracterização mais exata das alterações que de alguma forma prejudicam a qualidade das águas naturais está diretamente relacionada ao uso que se faz do recurso hídrico. Nesta vertente, a própria Deliberação Normativa Conjunta do

Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) e Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH) nº 1 de 2008, ao classificar os cursos d'água, estabelece os valores máximos dos parâmetros de qualidade para cada classe (LIBÂNIO, 2010).

Com base na DN Conjunta nº 01/2008 do COPAM/CERH-MG Minas Gerais (2008) as águas doces foram classificadas em cinco classes de qualidade (especial, 1, 2, 3 e 4), destacando-se neste estudo as águas doces de classe 2, que, de acordo com a referida resolução podem ser destinadas aos seguintes usos:

- Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- Proteção das comunidades aquáticas;
- Recreação de contato primário;
- 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;
- Aquicultura e atividade de pesca.

Para Libânio (2010) uma água pode ser adequada ao uso industrial, transporte hidroviário ou à geração de energia, mas pode não ter qualidade apropriada para o abastecimento humano, irrigação ou recreação.

#### **4.6. Poluição hídrica**

A poluição das águas é proveniente praticamente de todas as atividades humanas, sejam elas domésticas, comerciais ou industriais. Cada uma dessas atividades gera poluentes característicos que têm uma determinada implicação na qualidade do corpo receptor (PEREIRA, 2004).

A poluição indica a ocorrência de alterações prejudiciais à vida aquática. Quando essas alterações colocam em risco a saúde dos elementos da biota ou do ser humano que deles faz uso, a poluição passa a denominar-se contaminação. Assim, pode-se poluir um corpo d'água sem necessariamente contaminá-lo, mas a ocorrência da contaminação como consequência de alguma ação antrópica estará sempre associada à poluição (LIBÂNIO, 2010).

Segundo Silva (2015) a poluição se dá pela adição de substâncias ou de formas de energia que, direta ou indiretamente, alteram as características físicas, químicas ou biológicas de um corpo hídrico, de maneira tal, que prejudique a

utilização da água para fins benéficos. As fontes de poluição podem ser provenientes da atmosfera, pontuais, difusas ou mistas.

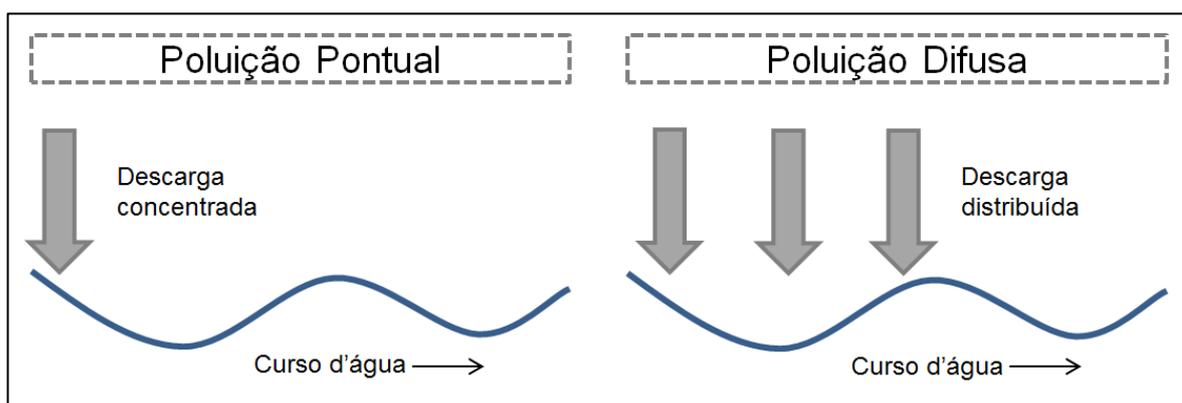
As fontes de poluição atmosféricas podem ser fixas, por emissões, principalmente de indústrias ou por veículos de transporte. A poluição atmosférica condiciona a qualidade das águas pluviais, sendo de importância tanto nas águas nas outras fases do ciclo hidrológico, quanto no aproveitamento das águas pluviais para o uso (SILVA, 2015).

As águas residuais, que abrangem os efluentes domésticos e as descargas industriais, representam a maior fonte artificial de poluição pontual de corpos hídricos (LIMA et al., 2016).

De acordo com Sperling (1996), na poluição pontual, os poluentes atingem o corpo d'água de forma concentrada no espaço. Como por exemplo, a descarga em um rio de um emissário transportando os esgotos de uma comunidade.

Já na poluição difusa, os poluentes entram em contato com os rios, lagos, e outros corpos d'água de forma aleatória e principalmente através da chuva, conforme é ilustrado pela FIG. 3 (SPERLING, 1996).

Figura 3 - Poluição difusa e pontual



Fonte: ADAPTADO SPERLING, 2005.

Já as fontes de poluição mistas englobam tanto características da poluição difusa, quanto da poluição pontual (SILVA, 2015).

Todas as fontes de poluição determinam um grau de contaminação do meio hídrico que foi atingido, mensurado pela alteração de parâmetros físicos, químicos e biológicos, que por sua vez são identificados e traçados por parâmetros de qualidade das águas (SILVA, 2015).

Para Silva (2015), existem basicamente três tipos de poluição: física, química e biológica. A poluição física altera as características físicas da água através de lançamentos de águas aquecidas utilizadas nos processos de refrigeração em refinarias, siderúrgicas e usinas termoelétricas e também através do lançamento de resíduos sólidos provenientes da suspensão do material de fundo dos corpos hídricos, decorrentes de esgotos industriais, comerciais e domésticos, e erosão dos solos. Já a poluição química pode ocorrer através de poluentes biodegradáveis ou persistentes, o primeiro é caracterizado pela presença de produtos químicos no corpo d'água, que, ao longo do tempo são decompostos pela ação de bactérias, tais como detergentes, inseticidas e fertilizantes. Já os persistentes são agentes químicos que se mantêm ao longo do tempo no meio ambiente e nos organismos vivos. E a poluição biológica ocorre quando a água é infectada por organismos patogênicos (bactérias, vírus, protozoários e vermes), existentes nos esgotos.

Segundo Pereira (2004), existem diversas atividades potencialmente geradoras de poluição dos sistemas hídricos, e são identificados os principais poluentes emitidos e seus efeitos no ambiente onde são lançados:

- Esgoto doméstico: são constituídos primeiramente por matéria orgânica biodegradável, microrganismos, nutrientes, fósforo, óleos e graxas, detergentes e metais;
- Depósitos de lixo: possuem resíduos de atividades domésticas, hospitalares, industriais e agrícolas. Entre os impactos está a deposição em galerias e dutos, impedindo os escoamentos. Esta decomposição do lixo produz chorume, que é altamente contaminado e poluído;
- Mineração: os impactos sobre os recursos hídricos da atividade de mineração dependem da substância mineral que está sendo beneficiada. Existem impactos comuns, como por exemplo, construção de barragens, desmatamento e desencadeamento de processos erosivos;
- Agricultura: os principais poluentes são os defensivos agrícolas empregados no combate a pragas e doenças, matéria orgânica proveniente dos excrementos de animais e fármacos de origem veterinária;

- Indústrias: grande variação tanto na composição como na vazão. Originam-se nas águas sanitárias (efluentes de banheiros e cozinhas), águas de refrigeração e águas de processos (contato direto com a matéria prima). Algumas indústrias: têxtil, fertilizantes, refinarias, curtume (beneficiamento de couro), celulose (produção de papel), siderúrgica, metalúrgica e pesqueira;
- Queima de combustíveis fósseis: principais fontes de poluição atmosférica, que contribuem para a chuva ácida e efeito estufa. Os principais agentes são as indústrias e veículos que lançam material particulado, gases e vapores resultantes de reações e queima de resíduos dos processos.

#### **4.7. Parâmetros de qualidade das águas superficiais**

De acordo com Sperling (1996), a qualidade da água pode ser representada através de diversos parâmetros, que traduzem as suas principais características físicas, químicas e biológicas.

A qualidade da água apresenta várias características, muitas delas mensuráveis, conforme sua natureza química, física ou biológica. Trata-se de um recurso finito e comum a todos e devido a suas características as mesmas devem ser mantidas dentro de alguns padrões e limites conforme Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008 (MINAS GERAIS, 2008).

A legislação estadual vigente COPAM/CERH-MG N.º 1, 05/05/08, 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.

##### **4.7.1. Parâmetros físicos**

A temperatura influencia vários parâmetros físico-químicos da água, tais como a tensão superficial e a viscosidade. Quando a temperatura ultrapassa os limites de tolerância térmica, os organismos aquáticos são afetados, causando impactos sobre seu crescimento e sua reprodução. Todos os corpos d'água apresentam variações de temperatura ao longo do dia e das estações do ano. No entanto, o lançamento de

efluentes com altas temperaturas pode causar impactos significativos nos corpos d'água (BITTENCOURT; PAULA, 2014).

A turbidez pode ser considerada como a transparência da água, estando em função do teor de material particulado suspenso existente. Quando a água é encontrada em elevada turbidez é indicativo de um alto conteúdo orgânico e inorgânico suspenso, que pode servir de abrigo para microrganismos e diminuir a eficiência do tratamento químico ou físico da água (SPERLING, 1996).

A principal fonte de turbidez é a erosão dos solos, quando, na época das chuvas, as águas pluviais trazem uma quantidade significativa de material sólido para os corpos d'água. Mas as atividades de mineração, assim como lançamento de esgotos e de efluentes industriais, também são fontes importantes que causam uma elevação da turbidez das águas. Uma elevada turbidez reduz a fotossíntese de vegetação enraizada, submersa e algas. Esse desenvolvimento reduzido de plantas pode, por sua vez, suprimir a produtividade de peixes. Logo, a turbidez pode influenciar nas comunidades biológicas aquáticas (BITTENCOURT; PAULA, 2014).

De acordo com Esteves (1998), os responsáveis pelo aumento da turbidez da água são, principalmente, as partículas suspensas e, em menor proporção, os compostos dissolvidos. A determinação das diversas frações de sólidos presentes na água fornece uma informação importante para a caracterização de águas naturais, esgotos sanitários, efluentes industriais e águas de abastecimento.

Para Sperling (1996) a presença de partículas suspensas é uma característica dos sólidos suspensos totais, que são pequenas partículas sólidas orgânicas e inorgânicas que se mantêm em suspensão na água, ou seja, não são filtráveis.

Os sólidos sedimentáveis são caracterizados por Sperling (1996) como a fração dos sólidos em suspensão que se sedimentam pela ação da gravidade se o sistema estiver em repouso.

Di Bernardo e Sabogal Paz (2008) descrevem que os sólidos dissolvidos totais envolvem sais inorgânicos e pequenas quantidades de matéria orgânica presente na água. Os principais constituintes são: cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, cloreto, sulfato e nitrato, os quais surgem na água de forma natural, pelo escoamento superficial em áreas agrícolas e por lançamento de efluentes.

A cor, que pode ser aparente ou verdadeira, é um indicador da presença de substâncias coloridas dissolvidas na água, na maioria dos casos de origem orgânica oriundas de matéria vegetal (folhas) em decomposição, e/ou pela presença de

partículas inorgânicas (ferro, manganês), finamente dissolvidas e dispersas na água. Mas o lançamento de efluentes de indústrias de tintura, têxtil e produção de papel podem também alterar a coloração da água. O problema ocasionado pela elevada concentração de cor na água, em geral, é o estético, pois ocasiona rejeição para consumo humano (SPERLING, 1996).

Para Di Bernardo e Sabogal Paz (2008), cor verdadeira é aquela que não sofre interferência de partículas suspensas na água, sendo obtida após processos de centrifugação ou filtração. A cor aparente é aquela que é determinada com a presença de partículas suspensas na água.

#### **4.7.2. Parâmetros químicos**

As características químicas das águas são de grande importância, pois, a presença de alguns elementos ou compostos químicos na água bruta (água que não foi tratada) pode inviabilizar o uso de certas tecnologias e exigir tratamentos específicos (DI BERNARDO; SABOGAL; PAZ, 2008).

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) representa a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica presente na água por meio da decomposição microbiana aeróbia. A  $DBO_{5,20}$  é a quantidade de oxigênio consumido durante cinco dias em uma temperatura de 20 °C. Valores altos de  $DBO_{5,20}$  num corpo d'água são provocados geralmente pelo lançamento de cargas orgânicas, principalmente esgotos domésticos. A ocorrência de altos valores desse parâmetro causa uma diminuição dos valores de oxigênio dissolvido na água, o que pode provocar a morte de vários peixes e eliminação de outros organismos aquáticos (BITTENCOURT; PAULA, 2014).

Para Sperling (1996) o oxigênio dissolvido (OD) provém, em geral, da dissolução do oxigênio atmosférico, natural ou artificialmente, e também da produção liberada por alguns microrganismos vivos na água, como algas e bactérias. O OD é de essencial importância para os organismos aeróbios (que vivem na presença de oxigênio). Durante a estabilização da matéria orgânica, as bactérias fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, o que pode causar uma redução da concentração de OD no meio. Dependendo da magnitude deste fenômeno, podem vir a morrer diversos seres aquáticos, inclusive os peixes. Se o

oxigênio for totalmente consumido, têm-se as condições anaeróbias (ausência de oxigênio), que são responsáveis pela geração de maus odores.

A presença de fósforo nas águas pode ter origem natural como a dissolução de compostos do solo (em escala muito pequena) e decomposição da matéria orgânica. E pode ter ainda origem antropogênica como os efluentes domésticos e/ou industriais, detergentes, excrementos de animais e fertilizantes (SPERLING, 1996).

O potencial hidrogeniônico (pH) pode interferir em diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas. Sua origem natural é dada por dissolução de rochas, absorção de gases da atmosfera, oxidação da matéria orgânica e fotossíntese. Já na sua origem antropogênica os efluentes domésticos (oxidação de matéria orgânica) e industriais (lavagem ácida de tanques) são os principais responsáveis. Além disso, o pH influi no grau de solubilidade de diversas substâncias, e como consequência na intensidade da cor, na distribuição das formas livre e ionizada de diversos compostos químicos, definindo também o potencial de toxicidade de vários elementos (LIBÂNIO, 2010).

#### **4.7.3. Parâmetros biológicos**

As características biológicas das águas naturais referem-se aos diversos microrganismos que habitam o ambiente aquático. Sua relevância manifesta-se na possibilidade de transmitir doenças e na transformação da matéria orgânica dentro dos ciclos biogeoquímicos de diversos elementos (LIBÂNIO, 2010).

A detecção dos agentes patogênicos, principalmente bactérias, protozoários e vírus, em uma determinada amostra de água é extremamente difícil, em razão das baixas concentrações, o que demanda a análise de grandes volumes da amostra para que seja detectado um único agente patogênico. Mas com os estudos dos chamados organismos indicadores de contaminação fecal (coliformes totais, coliformes termotolerantes e estreptococos fecais) é possível superar esta dificuldade para detectar os agentes patogênicos. Estes organismos que indicam a contaminação fecal não são patogênicos, mas dão uma satisfatória indicação de quando uma água apresenta contaminação por fezes humanas ou de animais e também a sua potencialidade em transmitir doenças (SPERLING, 1996).

O termo coliformes totais inclui um amplo grupo de bactérias ambientais e de origem fecal capazes de sobreviver no meio aquático, fermentar a lactose e produzir ácido ou aldeído em 24 horas à temperatura de 35 a 37 °C. São bactérias de vida livre que apresentam características semelhantes aos coliformes termotolerantes, exceto pelo crescimento à temperatura ambiente (LIBÂNIO, 2010).

As bactérias coliformes termotolerantes são capazes de fermentar a lactose em temperatura elevada (44,5 °C) por um prazo de 24 horas, são encontradas no trato intestinal de animais homeotérmicos e são indicadoras de poluição por esgotos domésticos. Elas não são patogênicas, mas sua presença em grandes números indica a possibilidade da existência de microrganismos patogênicos que são responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica (ex: disenteria bacilar, febre tifoide, cólera). Cerca de 90% do grupo dos coliformes termotolerantes é composto pela espécie *Escherichia coli*, encontrada em elevadas concentrações nas fezes humanas e de animais, constituindo-se em um bom indicador de poluição fecal. No entanto o grupo de coliformes termotolerantes é composto por uma pequena parte de gêneros que são encontrados em ambientes não poluídos, como solo e plantas (LIBÂNIO, 2010).

Os Estreptococos fecais incluem várias espécies ou variedades de estreptococos, que são encontrados no intestino humano e de animais. Como exemplos têm-se os *Streptococcus faecalis*, os quais representam contaminação fecal humana, e *Streptococcus bovis* e *Streptococcus equinus*, que representam bactérias fecais de bois e cavalos, respectivamente (SPERLING, 1996).

É de suma importância no tratamento da água que se conheça a densidade de bactérias, visto que um aumento significativo da população bacteriana pode comprometer a detecção de organismos coliformes, pois, mesmo não sendo consideradas patogênicas estas trazem problemas à saúde e qualidade da água (BRASIL, 2013).

#### **4.8. Monitoramento da qualidade da água**

De acordo com a Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG nº 1 de 2008, um monitoramento é a avaliação de parâmetros de qualidade de água e dos ambientes aquáticos, podendo ser contínua ou periódica, utilizada para acompanhamento da condição e controle da qualidade do corpo d'água.

Para a Agência Nacional de Águas (ANA, 2012) o monitoramento é o conjunto de práticas que visam o acompanhamento de determinadas características de um sistema, sempre associado a um objetivo. O monitoramento visa, ao final, permitir uma avaliação adequada da qualidade da água. Portanto, podem ser utilizadas várias configurações, em termos de localização dos pontos de monitoramento, de periodicidade e de tipo de parâmetros monitorados, sempre em função dos objetivos visados:

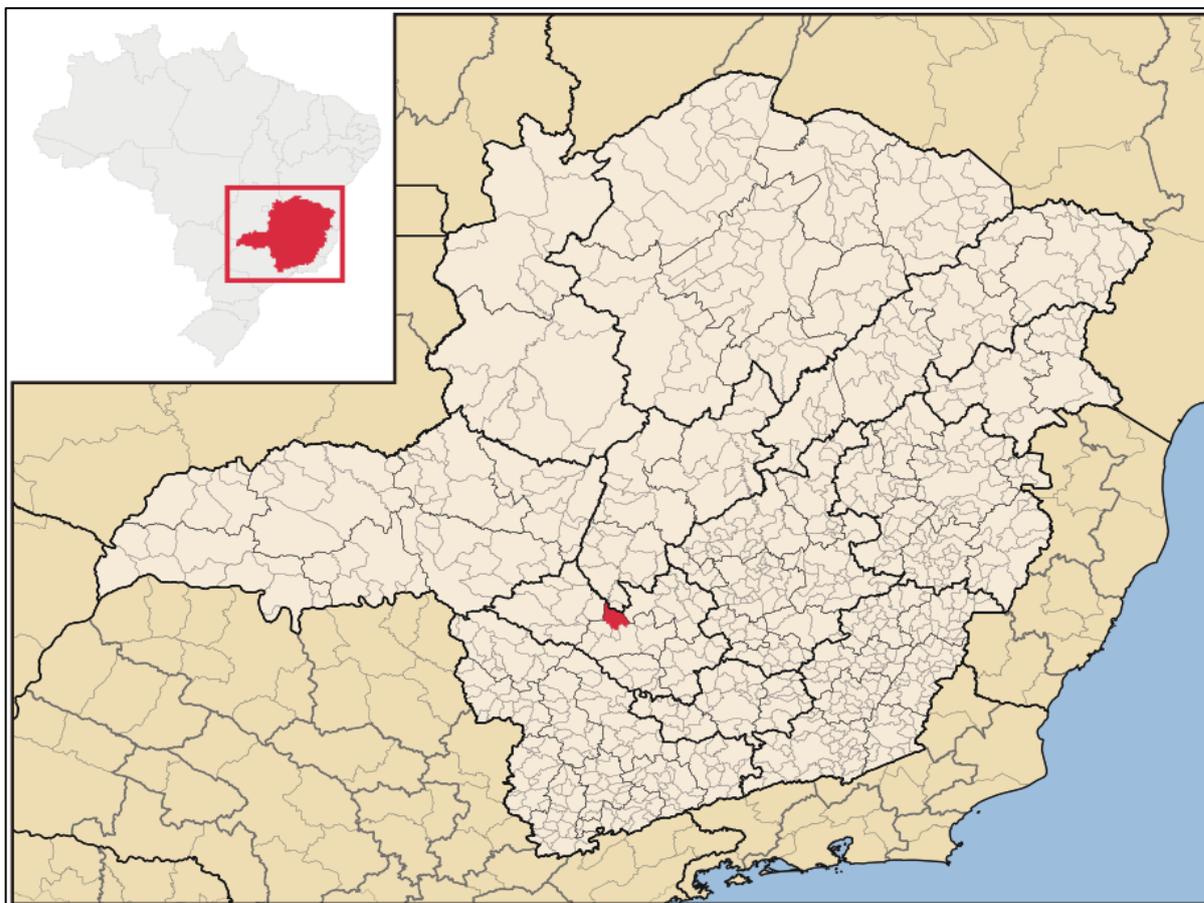
- Monitoramento básico – Realizado em pontos estratégicos para acompanhamento da evolução da qualidade das águas, identificação de tendências e apoio a elaboração de diagnósticos. Além disso, os resultados obtidos no monitoramento permitem a identificação de locais onde é necessário um maior detalhamento. A frequência deste tipo de monitoramento acompanha os ciclos hidrológicos. Os parâmetros monitorados nesta modalidade devem estar relacionados com o tipo de uso e ocupação da bacia contribuinte a estação e com os objetivos da rede;
- Inventários – Esta modalidade faz a avaliação intensiva de um espectro mais ou menos amplo de parâmetros com o objetivo de estabelecer um diagnóstico da qualidade das águas de um trecho específico de curso d'água. Esta avaliação pode estar associada ao acompanhamento de ações limitadas no tempo. No inventário a frequência de amostragem é alta, variando de diária até mensal, por um período de tempo determinado;
- Vigilância – O monitoramento é realizado em locais onde a qualidade das águas é de fundamental importância para um determinado uso (em especial para consumo humano) ou em locais críticos em termos de poluição associada ao uso da água. Sendo assim é necessário um monitoramento praticamente em tempo real, o que sugere a utilização de aparelhos automáticos de medição, limitando os tipos de parâmetros monitorados;
- De Conformidade – Nesta modalidade incluem-se as observações feitas pelos usuários dos recursos hídricos (automonitoramento) em atendimento a requisitos legais presentes nos marcos regulatórios (Portaria nº 518 do Ministério da Saúde, Resolução nº 357 do CONAMA), nas condicionantes das licenças ambientais e nos termos de outorga. Tanto a periodicidade quanto os parâmetros monitorados são determinados pelos órgãos competentes.

## 5. MATERIAL E MÉTODOS

### 5.1. Caracterização da área de estudo

As amostras para determinar a qualidade da água foram coletadas no Rio Candonga, localizado no município de Arcos (FIG. 4), que se encontra na região Centro-Oeste do estado de Minas Gerais, distante aproximadamente 232 km de Belo Horizonte. O município ocupa uma área territorial de 509,873 km<sup>2</sup> com uma população estimada em 2017, de 39.811 habitantes. De acordo com o Censo de 2010, a densidade demográfica deste município era de 71,78 hab/km<sup>2</sup> (IBGE, 2018).

Figura 4 - Localização do município de Arcos no estado de Minas Gerais

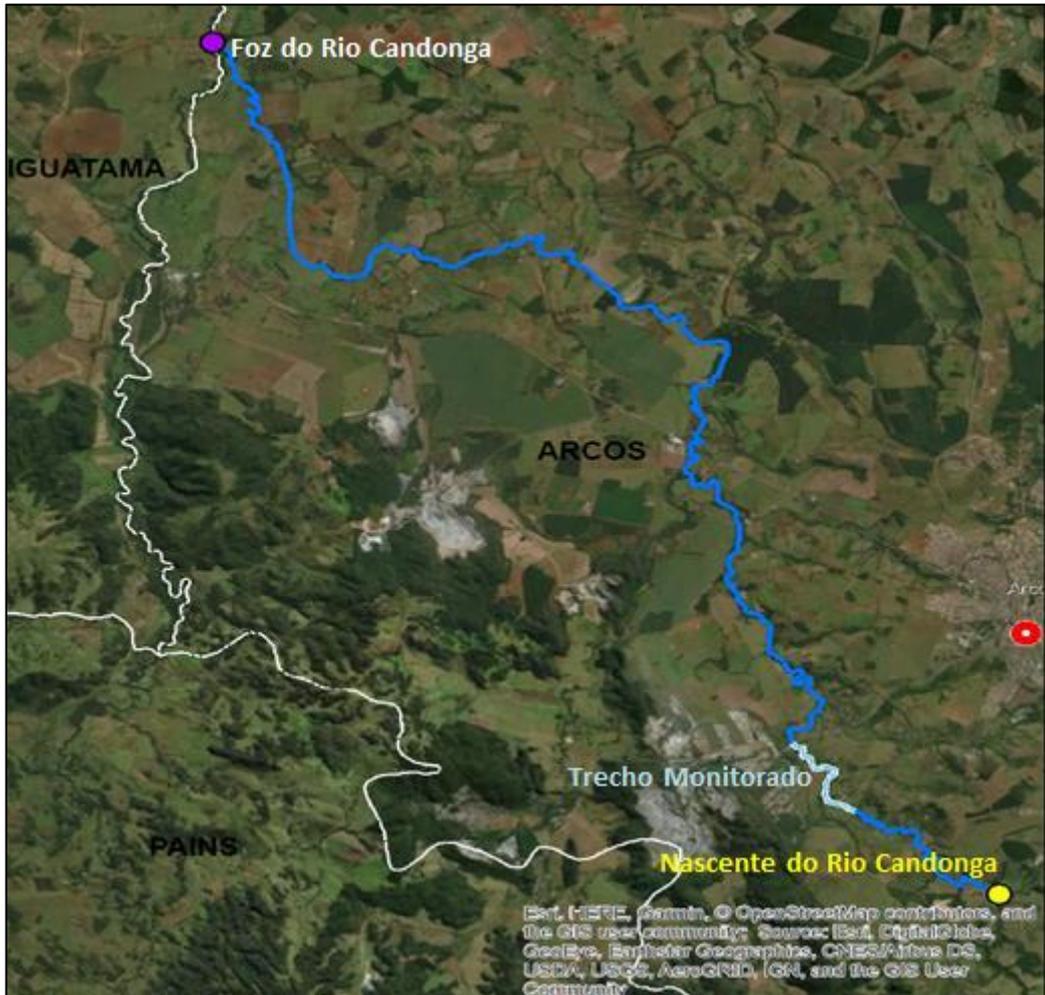


Fonte: IBGE, 2018.

O Rio Candonga é afluente da margem direita do Rio São Miguel, possui extensão de aproximadamente 28,670 Km, nasce no município de Arcos e possui caráter perene (FIG. 5). Os principais afluentes do Rio Candonga pela margem

esquerda são os córregos Santo Antônio e o Córrego dos Britos, e pela margem direita o Córrego das Almas.

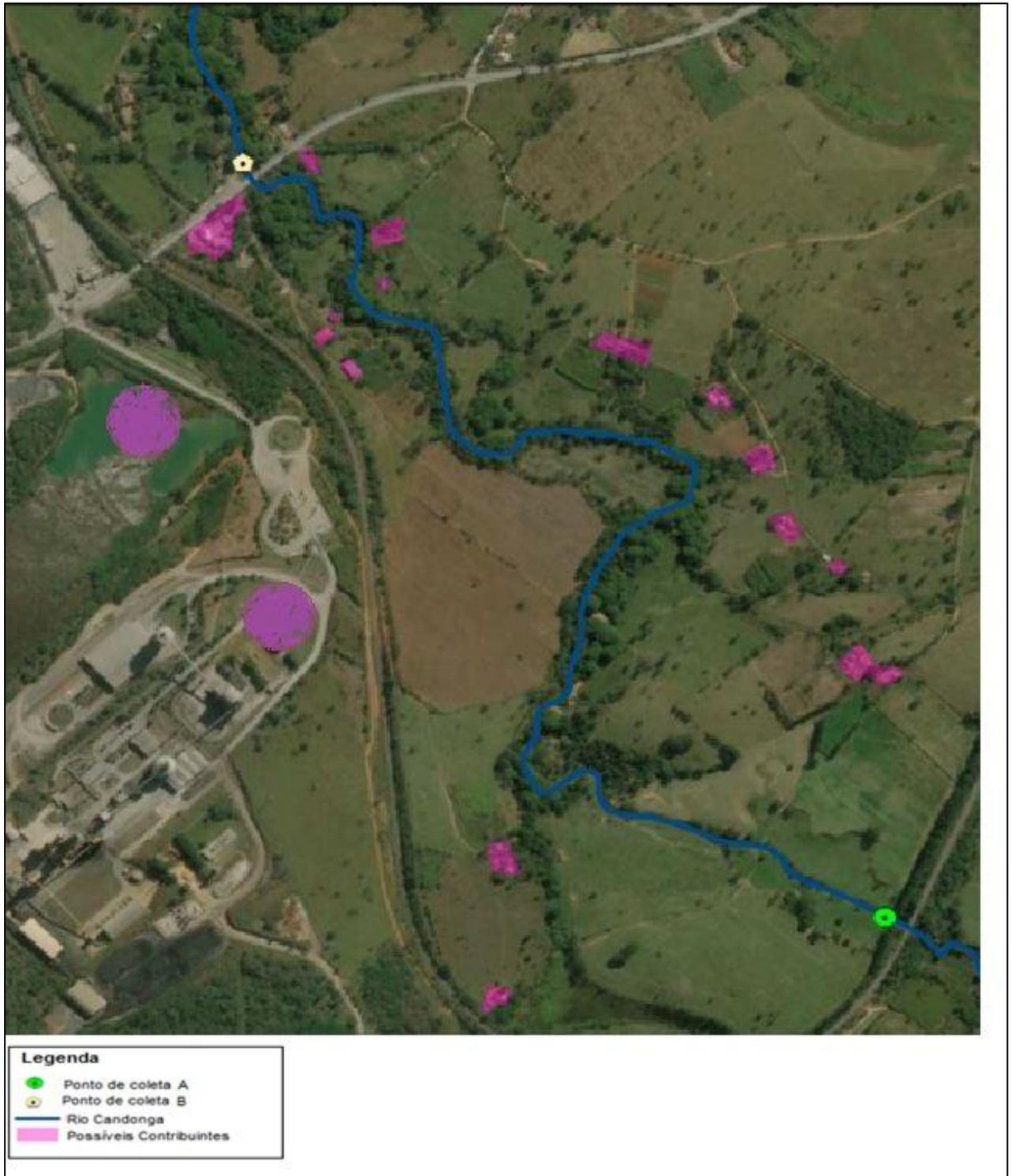
Figura 5 - Localização Rio Candonga



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2018.

O Rio Candonga é responsável pela captura de parte da água utilizada pelas empresas mineradoras de calcário, por algumas drenagens naturais que ainda não possuem intervenção antrópica e outras drenagens que já sofrem algum tipo de intervenção antrópica, como por exemplo, lançamentos de efluentes industriais provenientes de atividades de mineração e domésticos, resíduos de agricultura e pecuária. Na FIG. 6 são identificados os possíveis contribuintes com lançamento de efluentes no Rio Candonga.

Figura 6 - Possíveis contribuintes com lançamento de efluentes no Rio Candonga



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2018.

As coletas das amostras ocorreram no período de janeiro a dezembro de 2017. Foi coletada uma amostra por mês nos pontos determinados, sendo sempre coletadas no período da manhã.

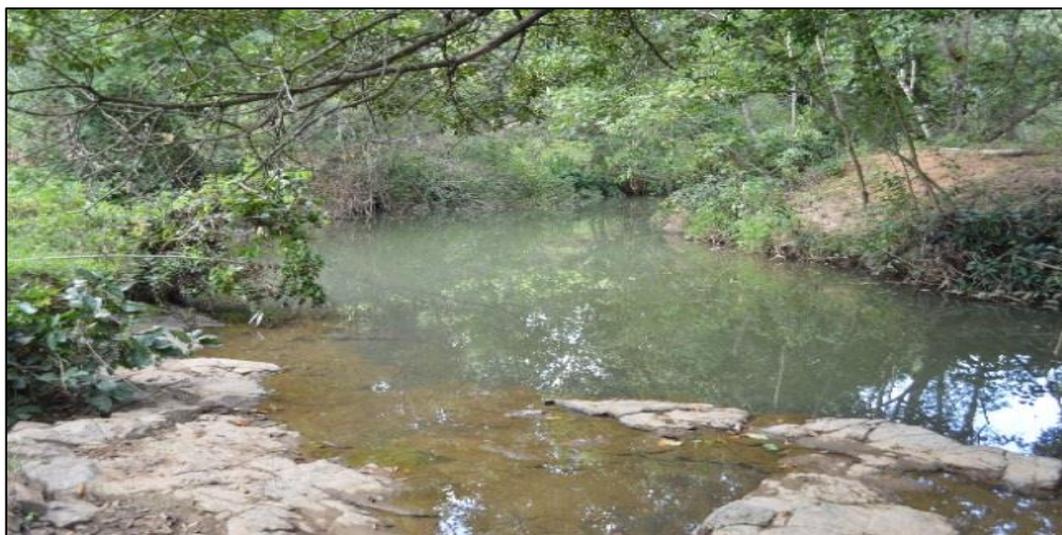
Levando em consideração o objeto de estudo deste trabalho, analisar a qualidade da água do Rio Candonga, foram definidos dois pontos de coleta: Ponto A (FIG. 7) e Ponto B (FIG. 8). No QUADRO 1 é informada a localização exata dos pontos, obtida através do sistema de coordenadas WGS 84, projeção UTM e zona 23K. A distância entre os pontos é de 1,972 Km. O ponto A está localizado em uma área bastante preservada, onde há pouca ou quase nenhuma ação antropogênica. Já o ponto B, foi escolhido por estar localizado depois dos possíveis contribuintes com lançamento de efluentes.

Quadro 1 - Localização dos pontos de coleta

	Coordenadas	
	X	Y
Ponto de coleta A	439820,16	7754055,32
Ponto de coleta B	440693,29	7752903,06

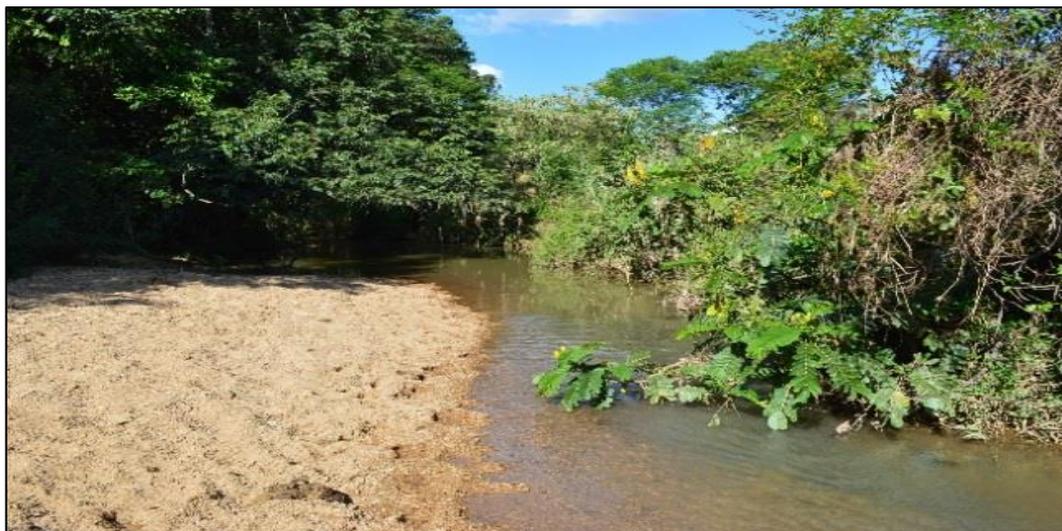
Fonte: Arquivo pessoal, (2018).

Figura 7 - Ponto de coleta A



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2018

Figura 8 - Ponto de coleta B



Fonte: ARQUIVO PESSOAL, 2018.

## 5.2. Análises laboratoriais

As análises das amostras com o objetivo de verificar a qualidade da água do Rio Candonga foram feitas em um laboratório contratado, localizado em Vespasiano – MG.

Os parâmetros analisados foram: coliformes termotolerantes, coliformes totais, cor aparente, demanda bioquímica de oxigênio, estreptococos fecais, fósforo total, oxigênio dissolvido, potencial hidrogeniônico (pH), sólidos dissolvidos totais, sólidos sedimentáveis, sólidos suspensos totais, temperatura e turbidez.

A água coletada foi imediatamente dividida em frascos especialmente preparados para cada parâmetro a ser analisado, conforme especificado pelo método de amostragem. As amostras foram transportadas para o laboratório em caixas de isopor contendo gelo.

As diretrizes de amostragem para cada parâmetro analisado, a preservação e o armazenamento das amostras seguiram rigorosamente as determinações do “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*”, 22st Ed. (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 2012).

As análises dos parâmetros pH, temperatura do ar e da água foram realizadas *in loco*, com os equipamentos pHmetro e termômetro. Na TAB. 1 são apresentados os 13 parâmetros analisados e suas respectivas metodologias.

Tabela 1 - Metodologia das análises

<b>Variável</b>	<b>Metodologia</b>
Coliformes Termotolerantes	SM 9222 D
Coliformes Totais	SM 9222 B
Cor Verdadeira	SM 2120 C
DBO	SM 5210 B
Estreptococos fecais	SM 9230 C
Fósforo Total	SM 4500P. A B/E
Oxigênio dissolvido (OD)	SM 4500 OC
pH	SM 4500 H <sup>+</sup>
Sólidos Dissolvidos Totais	SM 2540 C
Sólidos Sedimentáveis	SM 2540 F
Sólidos Suspensos Totais	SM 2540 D
Temperatura Ambiente	SM 2550
Turbidez	SM 2130

Fonte: A autora, 2018.

Nota: Dados extraídos do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22st Ed.

Para analisar a qualidade da água em um determinado trecho do rio ao longo de um ano, devem ser levados em consideração fatores ambientais que influenciam diretamente na variação dos resultados obtidos, tais como precipitação, temperatura do ar, temperatura do efluente e do corpo hídrico receptor.

### **5.3. Análises dos resultados e testes estatísticos**

Os resultados obtidos por meio das análises foram confrontados aos padrões de qualidade da água descritos na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1, de 05 de Maio de 2008, conforme apresentados no QUADRO 2.

Quadro 2 - Valores máximos permitidos para os parâmetros pré-determinados de acordo com a DN Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1/2008

<b>Parâmetros Físicos</b>					
<b>Valor máximo permitido</b>	Cor Verdadeira	Sólidos Dissolvidos Totais	Turbidez	Sólidos Suspensos Totais	Sólidos Sedimentáveis mg/L; Temperatura° C
	75 mg/L Pt-Co	500 mg/L	100 NTU	100 mg/L	Nada consta
<b>Parâmetros Químicos</b>					
<b>Valor máximo permitido</b>	Demanda Bioquímica de Oxigênio		Fósforo total	Oxigênio Dissolvido	pH
	5 mg/L		0,1 mg/L	Não inferior a 5 mg/L O <sub>2</sub>	6 a 9
<b>Parâmetros Biológicos</b>					
<b>Valor máximo permitido</b>	Coliformes Termotolerantes		Coliformes Totais UFC/100mL; Estreptococos fecais UFC/100mL.		
	1000 UFC/100mL		Nada consta		

Onde: Pt-Co: Unidade Hazen – Escala de Platina-cobalto;mg/L: Miligrama por Litro; NTU: Unidade Nefelométrica de Turbidez; ° C: Graus célsius; UFC/100mL: Unidade Formadora de Colônia por 100 Mililitros.

Fonte: A autora, 2018.

Os valores dos parâmetros que se referem à qualidade da água para cada ponto pesquisado foram comparados pelo teste de hipótese em níveis de significância de 1%, 5% e 10%, através da ferramenta estatística MINITAB®. Se os valores calculados possuírem o P-Valor maior do que os valores dos níveis de significância o H<sub>0</sub> não é rejeitado, o que demonstra a ausência de evidências suficientes para concluir que a diferença entre as médias dos pontos analisados é significativa.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. Parâmetros físicos

Embora sejam parâmetros físicos, estes fornecem indicações preliminares importantes para a caracterização da qualidade química da água como, por exemplo, os níveis de sólidos suspensos totais (associados à turbidez) e as concentrações de sólidos dissolvidos totais (associados à cor).

Dos parâmetros físicos analisados, somente sólidos sedimentáveis e temperatura não possuem limites estabelecidos pelo COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08.

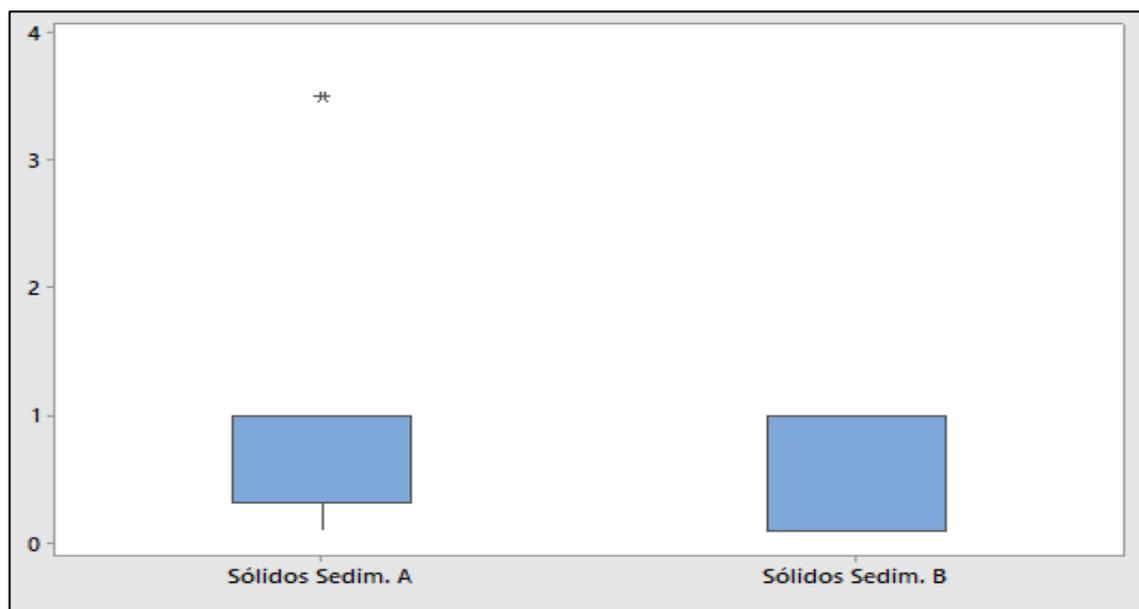
#### **-Sólidos sedimentáveis**

Ao longo do ano os resultados das análises de sólidos sedimentáveis para os pontos A e B não apresentaram grandes variações (GRAF. 1).

A média dos resultados para o ponto A foi 0,77 mg/L e no ponto B 0,70 mg/L. O que demonstra que no ponto A existe uma quantidade maior de sólidos sedimentáveis que no ponto B.

A presença de sólidos sedimentáveis maior no ponto A pode estar relacionado com a preservação da mata ciliar na borda do rio próximo ao ponto de coleta, pois a mata ciliar é responsável por funcionar como um filtro impedindo que resíduos sólidos sejam lançados no corpo hídrico.

Gráfico 1 - Box-plot dos valores de sólidos sedimentáveis obtidos para os pontos A e B em mg/L



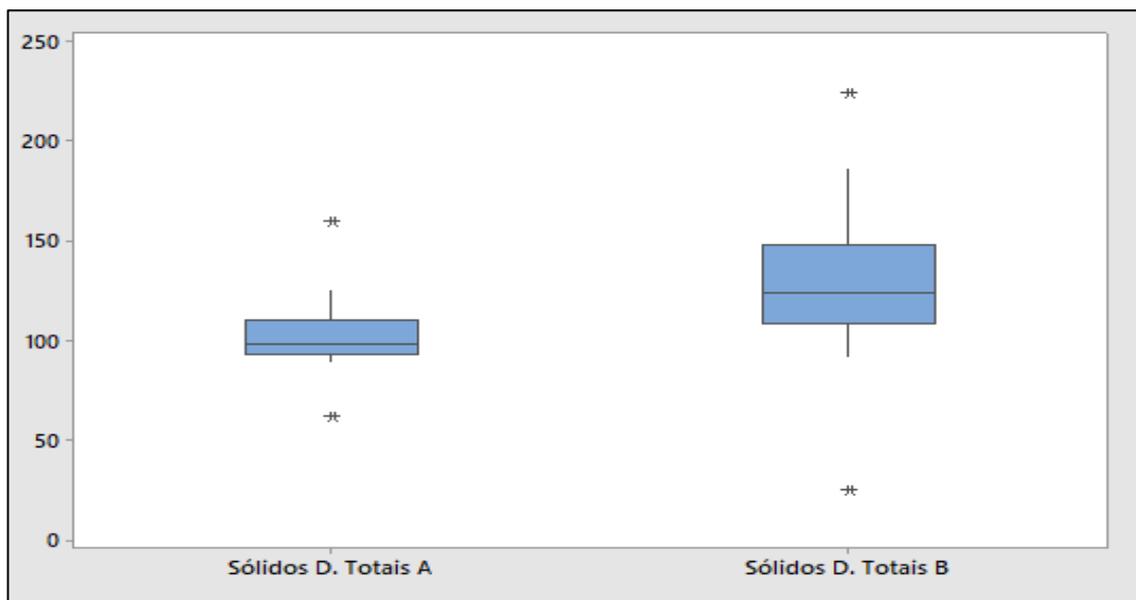
Fonte: A AUTORA (2018).

Os resultados obtidos para sólidos sedimentáveis nos pontos A e B, não apresentaram diferença significativa quando comparados pelo teste de hipótese. Esse fato se dá, pois, o P-Valor calculado foi 0,333 sendo maior que o nível de significância: 0,01 (1%); 0,05 (5%) e 0,10 (10%).

### **-Sólidos dissolvidos totais**

O parâmetro sólidos dissolvidos totais (SDT) para o ponto A apresentou uma média dos resultados igual 103,7 mg/L e para o ponto B a média foi 127,8 mg/L (GRAF. 2). Este parâmetro possui limite estabelecido pelo COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08 e em todos os meses analisados atendeu ao limite estabelecido que é 500 mg/L.

Gráfico 2 - Box-plot dos valores de sólidos dissolvidos totais obtidos para os pontos A e B em mg/L



Fonte: A AUTORA (2018).

Quando comparados os resultados de sólidos dissolvidos totais com os resultados de cor verdadeira, é possível observar a relação entre eles, pois a média para ambos os parâmetros no ponto B foi maior que no ponto A.

Os resultados obtidos para SDT nos pontos A e B, não apresentaram diferença significativa quando comparados pelo teste de hipótese. Esse fato se dá, pois, o P-Valor calculado foi 0,134 sendo maior que o nível de significância: 0,01 (1%); 0,05 (5%) e 0,10 (10%).

### **-Sólidos suspensos totais**

Os resultados para sólidos suspensos totais (SST), que são pequenas partículas sólidas suspensas na água, apresentaram resultados que não atenderam a legislação. Foi observado que o resultado do mês de dezembro (460 mg/L) para o ponto A, e o resultado do mês de junho (136,5 mg/L) para o ponto B não atenderam ao limite estabelecido pelo COPAM/CERH-MG N° 1, 05/05/08 para águas classe 2, que é 100 mg/L (GRAF. 3). A existência de sólidos na água pode ter ocorrido de forma natural (processos erosivos, orgânicos e detritos orgânicos) ou antropogênica (lançamento de resíduos de agricultura e esgoto) (GASPAROTTO, 2011).

Gráfico 3 - Box-plot dos valores de sólidos suspensos totais obtidos para os pontos A e B em mg/L



Fonte: A AUTORA (2018).

Os resultados obtidos para SST nos pontos A e B, não apresentaram diferença significativa quando comparados pelo teste de hipótese. Esse fato se dá, pois, o P-Valor calculado foi 0,775 sendo maior que o nível de significância: 0,01 (1%); 0,05 (5%) e 0,10 (10%).

#### **-Cor verdadeira**

Os resultados das análises de cor verdadeira são apresentados na TAB. 2. Este parâmetro possui limite estabelecido pelo COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08 para águas classe 2, sendo de 75 mg/L Pt-Co.

Tabela 2 - Resultados de cor verdadeira em mg/L Pt-Co

<b>Cor verdadeira</b>		
<b>Mês</b>	<b>Ponto A</b>	<b>Ponto B</b>
Janeiro	30	30
Fevereiro	50	50
Março	10	10
Abril	50	50
Maio	10	50
Junho	50	50
Julho	30	40
Agosto	100	5
Setembro	40	50
Outubro	100	100
Novembro	40	40
Dezembro	150	200
Média	55	56,25

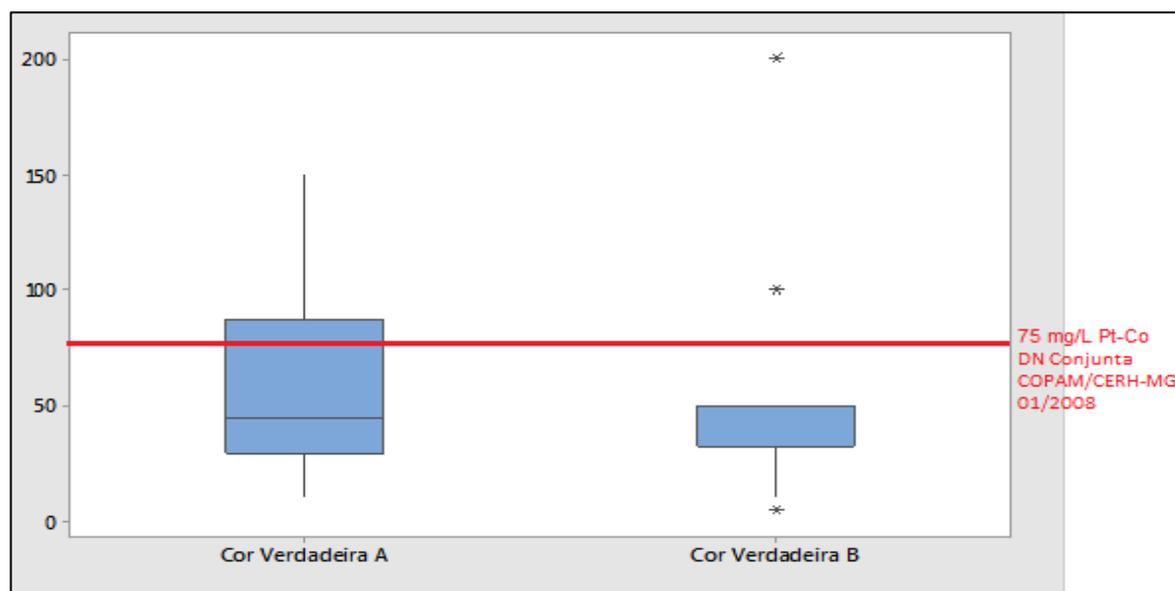
Fonte: A autora, 2018.

O parâmetro cor verdadeira não atendeu ao limite estabelecido nos meses de agosto, outubro e dezembro para o ponto A, e outubro e dezembro para o ponto B.

Para Sperling (1996) A cor na maioria dos casos está relacionada com a decomposição de matéria vegetal (folhas), e/ou pela presença de partículas inorgânicas (ferro, manganês), finamente dissolvidas e dispersas na água.

Quando os pontos A e B são comparados pelo teste de hipótese, os mesmos não apresentaram diferença significativa ao longo ano de 2017, devido ao P-Valor apresentar o resultado de 0,948 sendo maior que 0,01 (1%); 0,05 (5%) e 0,10 (10%). Além disso, foi possível observar no GRAF. 4 que no ponto B apresentaram dois desvios, que são justamente os meses analisados que não atenderam a legislação.

Gráfico 4 - Blox-plot dos valores de cor verdadeira obtidos para os pontos A e B em mg/L Pt-Co



Fonte: A AUTORA (2018).

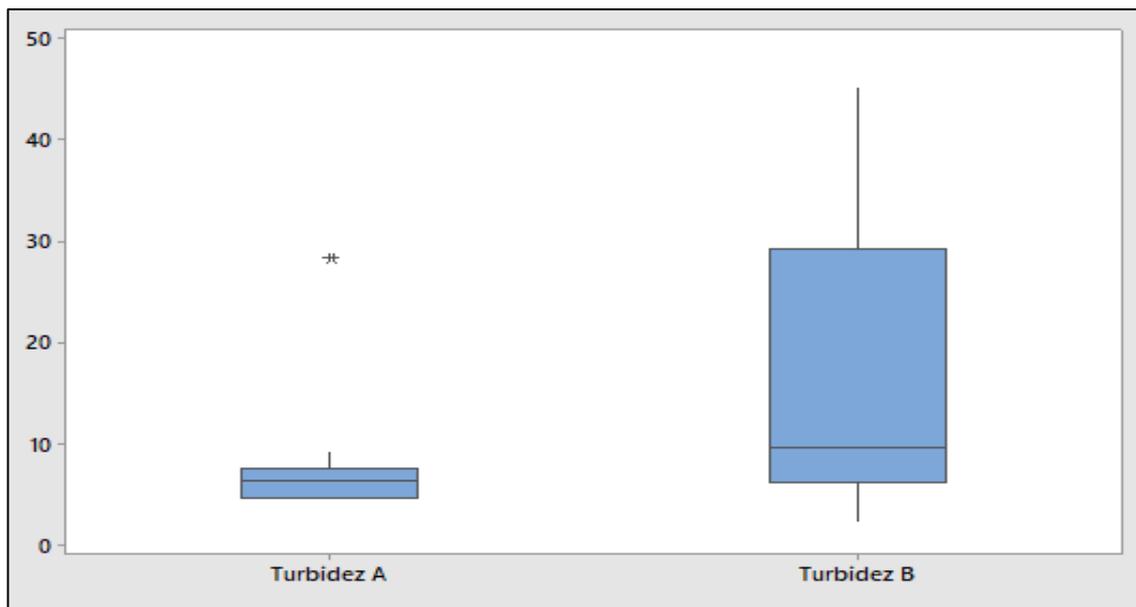
### -Turbidez

Para o parâmetro turbidez, os resultados obtidos ao longo do ano atenderam ao limite estabelecido no COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08 para águas classe 2, que é de 100 NTU, e apresentaram uma média de 8,11 NTU para o ponto A e 15,8 NTU para o ponto B (GRAF.5).

De acordo com Andrade (2008), a turbidez é causada por qualquer material em suspensão, como por exemplo, plânctons, bactérias, argila, areia e poluição de forma geral. Sendo assim, foi possível observar que no período de fevereiro a novembro os resultados de SST foram diretamente proporcionais aos resultados de turbidez para ambos os pontos, o que indica que estes dois parâmetros possuem relação entre si.

Além disso, os resultados do Ponto B para os mesmos meses informados anteriormente, foram maiores do que os resultados do Ponto A o que pode estar relacionado a algum tipo de poluição, tais como lançamento de esgotos sanitários, efluentes industriais e/ou erosão do solo. Esses fatores podem influenciar na manutenção das comunidades biológicas aquáticas que vivem naquele trecho do rio (BITTENCOURT; PAULA, 2014).

Gráfico 5 - Box-plot dos valores de turbidez obtidos para os pontos A e B em NTU



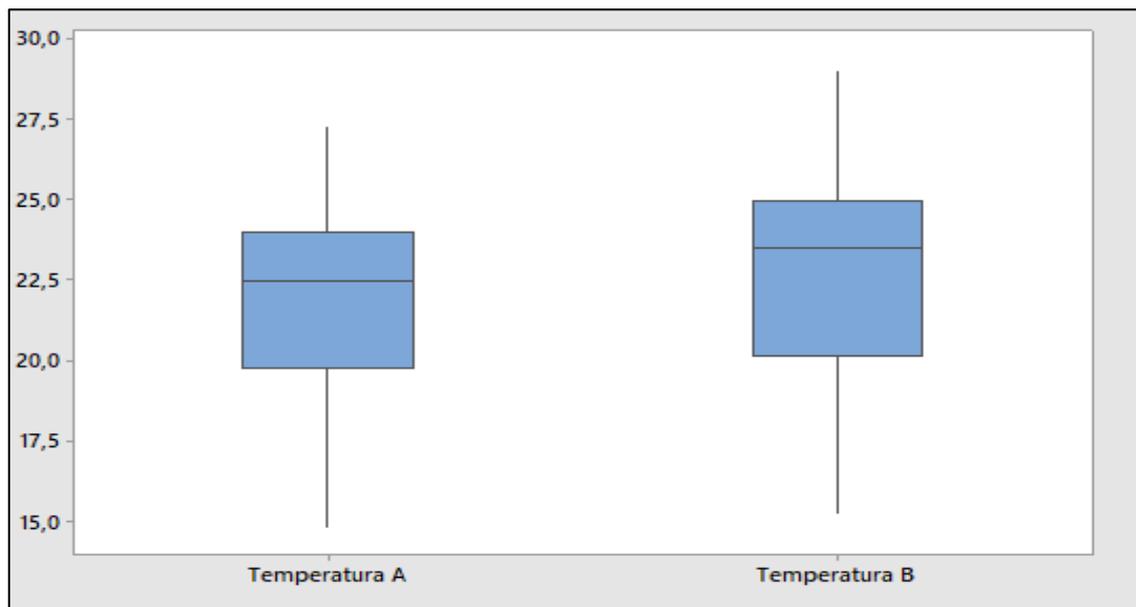
Fonte: A AUTORA (2018).

Quando os pontos A e B são comparados pelo teste de hipótese, o P-Valor calculado é 0,095, sendo menor que o nível de significância 10%. Quando o P-Valor calculado é menor que o nível de significância é considerado que há uma diferença significativa entre os pontos A e B, sendo a turbidez no ponto B mais alta, em relação ao ponto A.

### **-Temperatura**

Para o parâmetro Temperatura não existe valor estabelecido pela legislação COPAM/CERH-MG N° 1, 05/05/08. A temperatura média no ponto A foi 22 °C e no ponto B 23 °C, demonstrando pouca variação de um ponto para o outro em relação à temperatura (GRAF.6). Vale ressaltar que os organismos aquáticos são afetados quando expostos a uma temperatura muito alta, o que afeta diretamente no crescimento e reprodução (BITTENCOURT; PAULA, 2014).

Gráfico 6 - Box-plot dos valores de temperatura obtidos para os pontos A e B em °C



Fonte: A AUTORA (2018).

Os resultados obtidos para temperatura nos pontos A e B, não apresentaram diferença significativa quando comparados pelo teste de hipótese. Esse fato se dá, pois, o P-Valor calculado foi 0,466 sendo maior que o nível de significância: 0,01 (1%); 0,05 (5%) e 0,10 (10%).

## 6.2. Parâmetros químicos

As características químicas das águas superficiais são de grande importância, pois a presença de alguns elementos ou compostos químicos dissolvidos na água pode inviabilizar o uso de certas tecnologias se a finalidade for realizar o tratamento da água.

Todos os parâmetros químicos analisados possuem limite estabelecido pelo COPAM/CERH-MG N° 1, 05/05/08.

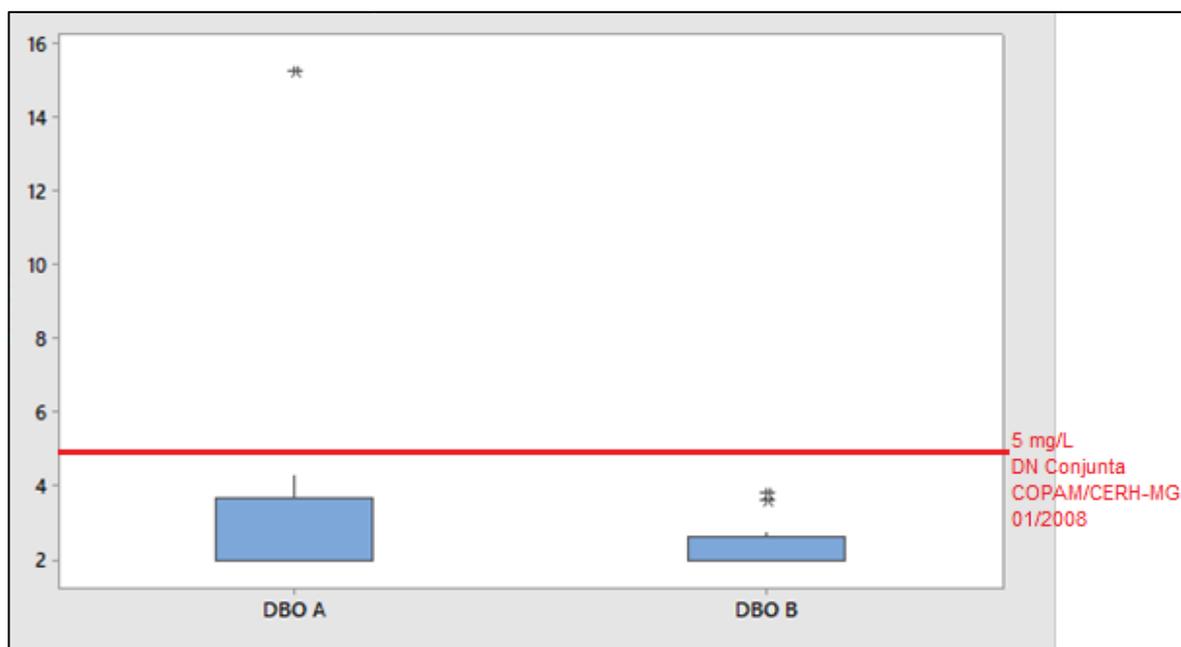
### -Demanda bioquímica de oxigênio

A legislação determina que a demanda bioquímica de oxigênio (DBO) não ultrapasse 5 mg/L em águas classe 2. A média da DBO durante o período analisado

nos pontos A e B foram respectivamente 3,5 mg/L e 2,3 mg/L, somente no mês de fevereiro no Ponto A o resultado não atendeu ao limite estabelecido pela legislação, sendo 15,6 mg/L (GRAF. 7).

A DBO se torna elevada num corpo d'água quando acontecem despejos de origem, predominantemente, orgânica. A existência de um alto teor de matéria orgânica pode resultar no completo esgotamento do oxigênio na água, provocando o desaparecimento de peixes e outras formas de vida aquática (CETESB, 2008).

Gráfico 7 - Box-plot dos valores de demanda bioquímica de oxigênio obtidos para os pontos A e B em mg/L



Fonte: A AUTORA (2018).

Os resultados obtidos para demanda bioquímica de oxigênio nos pontos A e B, não apresentaram diferença significativa quando comparados pelo teste de hipótese. Esse fato se dá, pois, o P-Valor calculado foi 0,310 sendo maior que o nível de significância: 0,01 (1%); 0,05 (5%) e 0,10 (10%).

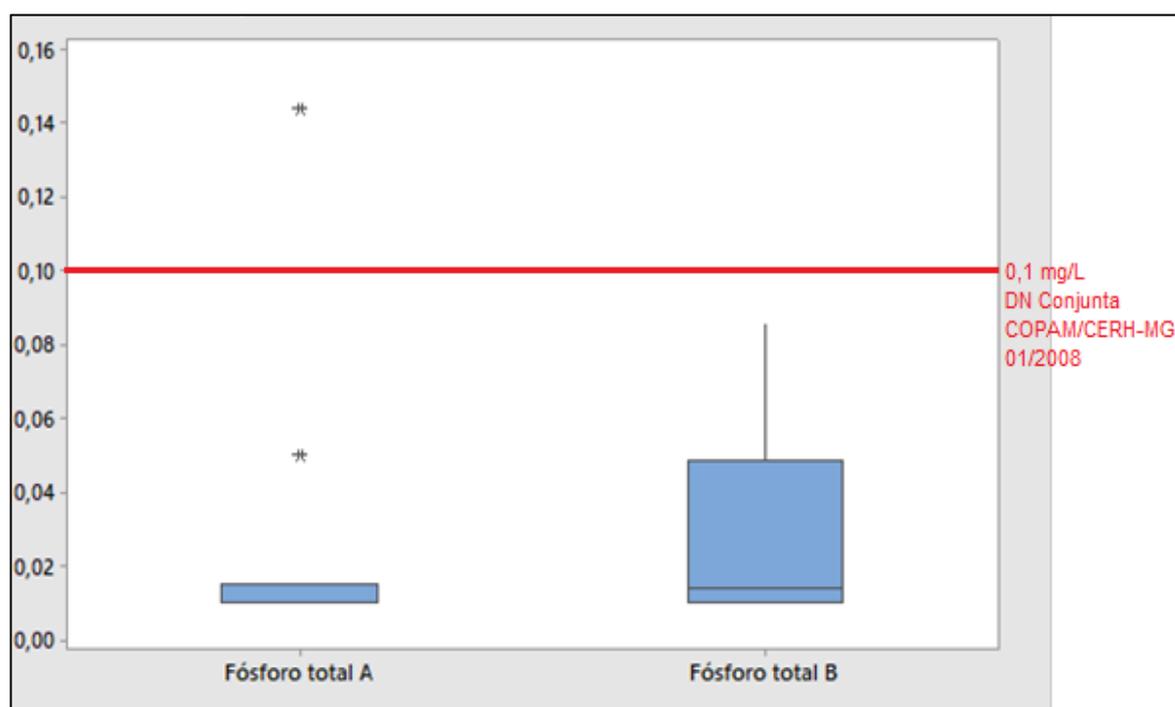
### -Fósforo total

Para o parâmetro fósforo total é estabelecido o limite de 0,1 mg/L. Ao longo do ano de 2017 apenas no mês de outubro no ponto A o resultado obtido (0,14 mg/L) não atendeu a legislação do COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08 (GRAF. 8).

Luz (2009) afirma que o lançamento de efluentes domésticos representa a principal fonte de fósforo nos corpos d'água, já que estes contêm detergentes superfosfatados e a própria matéria fecal, rica em proteínas.

Neste estudo, o fósforo total fez-se presente em concentrações consideradas baixas, a média dos resultados no ponto A foi de 0,023 mg/L e no ponto B foi de 0,027 mg/L.

Gráfico 8 - Box-plot dos valores de fósforo total obtidos para os pontos A e B em mg/L



Fonte: A AUTORA (2018).

Os resultados obtidos para fósforo total nos pontos A e B, não apresentaram diferença significativa quando comparados pelo teste de hipótese. Esse fato se dá, pois, o P-Valor calculado foi 0,878 sendo maior que o nível de significância: 0,01 (1%); 0,05 (5%) e 0,10 (10%).

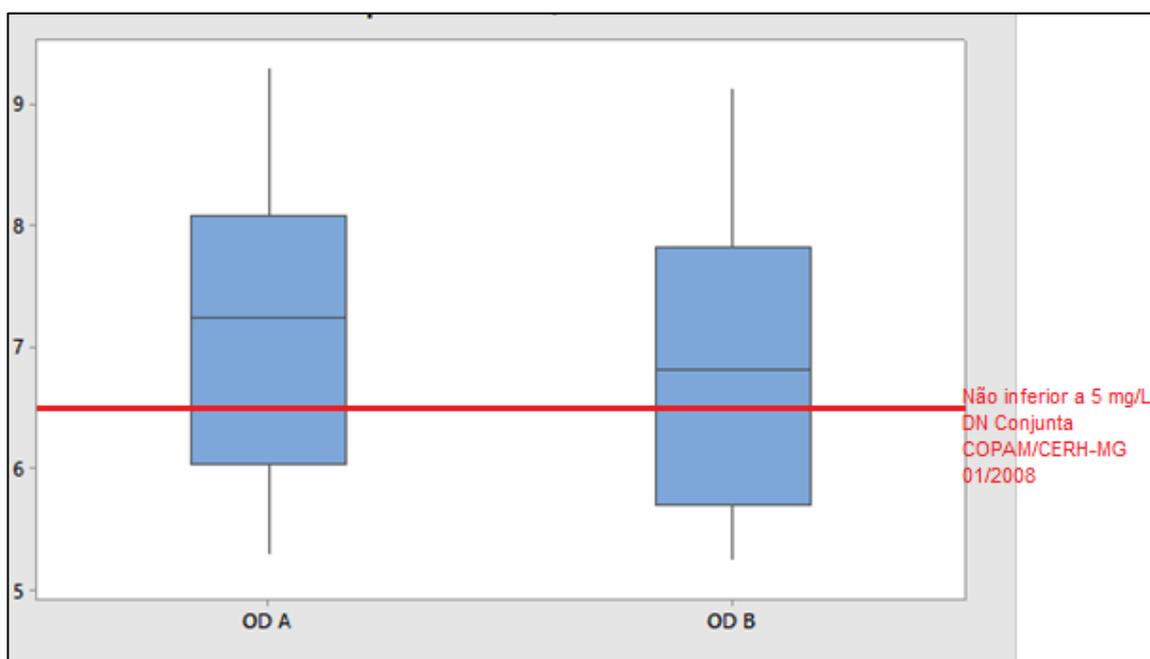
A presença de fósforo no meio aquático é importante, uma vez que o mesmo participa da maioria das rotas metabólicas de muitos microrganismos e plantas, favorecendo o equilíbrio biológico neste ambiente. No entanto, quando em concentrações elevadas, pode causar desequilíbrio originando a eutrofização deste compartimento (LIMA, 2004).

## -Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido (OD) é fundamental para a manutenção das comunidades aquáticas aeróbias. No período analisado a média dos resultados no ponto A foi 7,17 mg/L e no ponto B foi 6,83 mg/L (GRAF. 9).

De acordo com SILVA (2015) o OD na água é fundamental para a garantia da vida aquática e de outros seres, por isso, é um dos principais parâmetros da caracterização da poluição por despejos orgânicos na água. Ambos os pontos atenderam ao limite estabelecido pelo COPAM/CERH-MG N° 1, 05/05/08, sendo todos os resultados maiores que 5 mg/L, o que identifica que há a possibilidade de encontrar vida aquática no Rio Candonga.

Gráfico 9 - Box-plot de valores de oxigênio dissolvido obtidos para os pontos A e B em mg/L



Fonte: A AUTORA (2018).

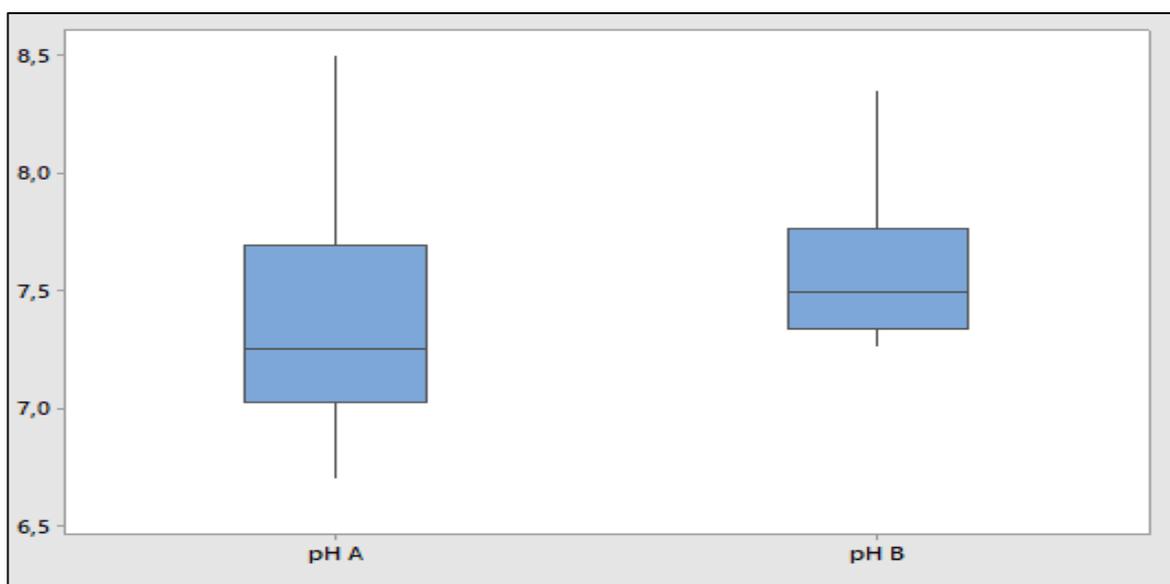
Os resultados obtidos para oxigênio dissolvido nos pontos A e B, não apresentaram diferença significativa quando comparados pelo teste de hipótese. Esse fato se dá, pois, o P-Valor calculado foi 0,520 sendo maior que o nível de significância: 0,01 (1%); 0,05 (5%) e 0,10 (10%).

## -Potencial hidrogeniônico

De acordo com a legislação, o pH em águas classe 2 deve estar entre 6 e 9. Os resultados obtidos deste parâmetro ao longo do ano ficaram dentro do limite determinado pelo COPAM/CERH-MG N° 1, 05/05/08

Os resultados obtidos para pH (GRAF. 10) nos pontos A e B, não apresentaram diferença significativa quando comparados pelo teste de hipótese. Esse fato se dá, pois, o P-Valor calculado foi 0,253 sendo maior que o nível de significância: 0,01 (1%); 0,05 (5%) e 0,10 (10%).

Gráfico 10 - Box-plot dos valores de pH obtidos para os pontos A e B



Fonte: A AUTORA (2018).

O pH sofre alterações naturais nas águas devido à presença de ácidos carbônicos e húmicos dissolvidos. Quando há maiores alterações de pH essas podem ser provocadas por despejos industriais e águas residuais de minas. Águas com pH baixo ou elevado são agressivas, podendo causar corrosão em diversos tipos de tubulações (SPERLING, 2005).

### 6.3. Parâmetros biológicos

O biomonitoramento ou monitoramento biológico são baseados nas respostas dos organismos em relação ao meio onde vivem, pois, a biota aquática é capaz de

responder a uma série de distúrbios naturais e antropogênicos (CAIRNS; PRATT, 1993).

Para Ramade (1998) os bioindicadores são espécies vegetais ou animais que por qualquer particularidade ecológica são indicadores precoces de modificações abióticas ou bióticas do ambiente devido a algum tipo de atividade antrópica.

Dos três parâmetros biológicos analisados, dois não possuem limites determinados pelo COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08, são eles: coliformes totais e estreptococos fecais.

### **-Coliformes termotolerantes**

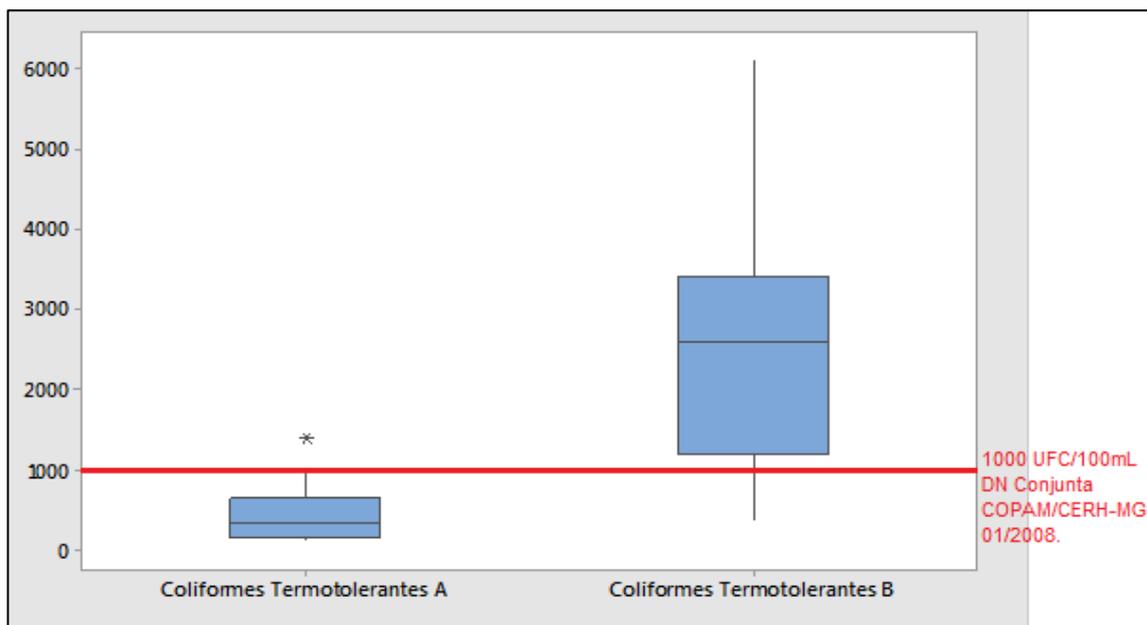
Este parâmetro foi identificado como um ponto de atenção, principalmente nas análises feitas no Ponto B. Foi possível observar que entre os meses de fevereiro e outubro, os resultados obtidos para o ponto B não atenderam ao limite estabelecido pelo COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08, que é 1000 UFC/100mL, apresentando valores que variaram entre 1800 UFC/100mL e 6100 UFC/100mL.

Altas concentrações de coliformes termotolerantes por serem considerados um grupo de bactérias indicadoras de organismos originários predominantemente do trato intestinal humano e de outros animais, podem estar relacionadas ao lançamento de esgoto doméstico/sanitário sem tratamento prévio e ao carreamento de excrementos fecais para dentro do corpo hídrico (SPERLING, 2005).

Para o ponto A somente em dezembro o resultado (1400 UFC/100mL) estava acima do limite estabelecido pela legislação, o que pode ter sido causado por poluição pontual proveniente de excremento de animal e/ou lançamento no corpo hídrico de efluente não tratado.

O P-Valor calculado foi 0,0001, demonstrando que houve diferença significativa entre os pontos A e B no nível de significância de 1% realizado pelo teste de hipótese. Com este resultado é possível visualizar no GRAF. 11 que o Ponto B possui médias maiores que o ponto A, indicando uma maior concentração de coliformes termotolerantes no ponto B.

Gráfico 11 - Box-plot dos valores de coliformes termotolerantes obtidos para os pontos A e B em UFC/100mL



Fonte: A AUTORA (2018).

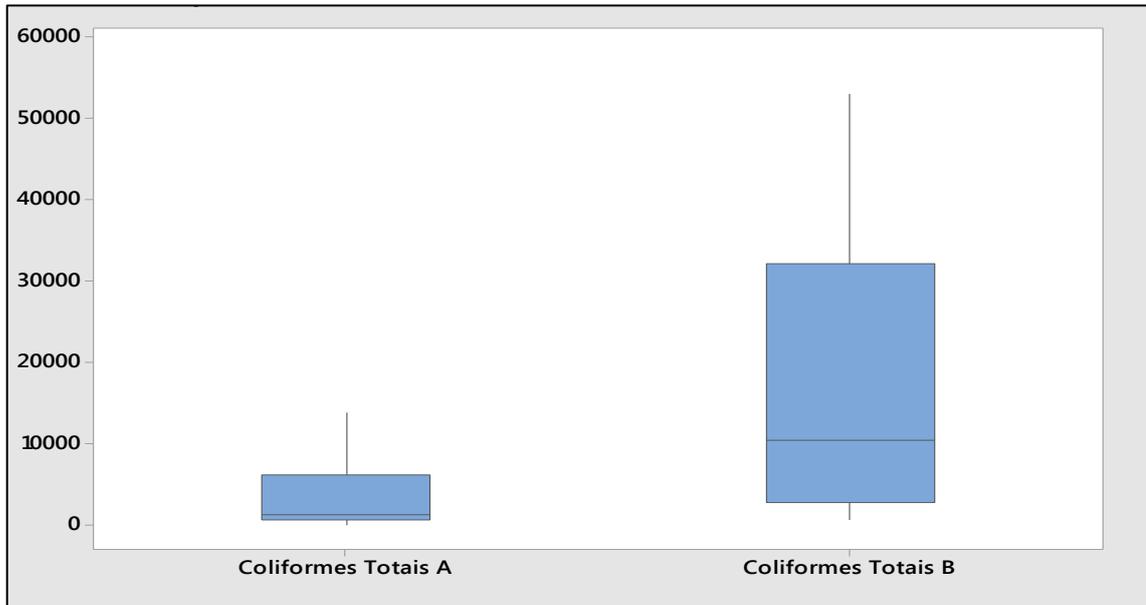
### -Coliformes totais

Para o parâmetro de coliformes totais não existe limite decretado pela legislação do COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08, porém é importante que seja realizado o seu acompanhamento por estar diretamente relacionado com o parâmetro coliformes termotolerantes.

Foi possível observar que entre os meses de fevereiro e outubro houve uma variação dos resultados das análises no ponto B, compreendendo valores entre 2800 UFC/100mL e 53000 UFC/100mL.

Quando comparados, os pontos A e B pelo teste de hipótese, os mesmos apresentaram diferença significativa no nível de 5%, pois o P-Valor calculado foi 0,019 (GRAF. 12). Esse fato demonstra que a concentração de coliformes totais no ponto B foi maior que no ponto A.

Gráfico 12 - Box-plot dos valores de coliformes totais obtidos para os pontos A e B em UFC/100mL



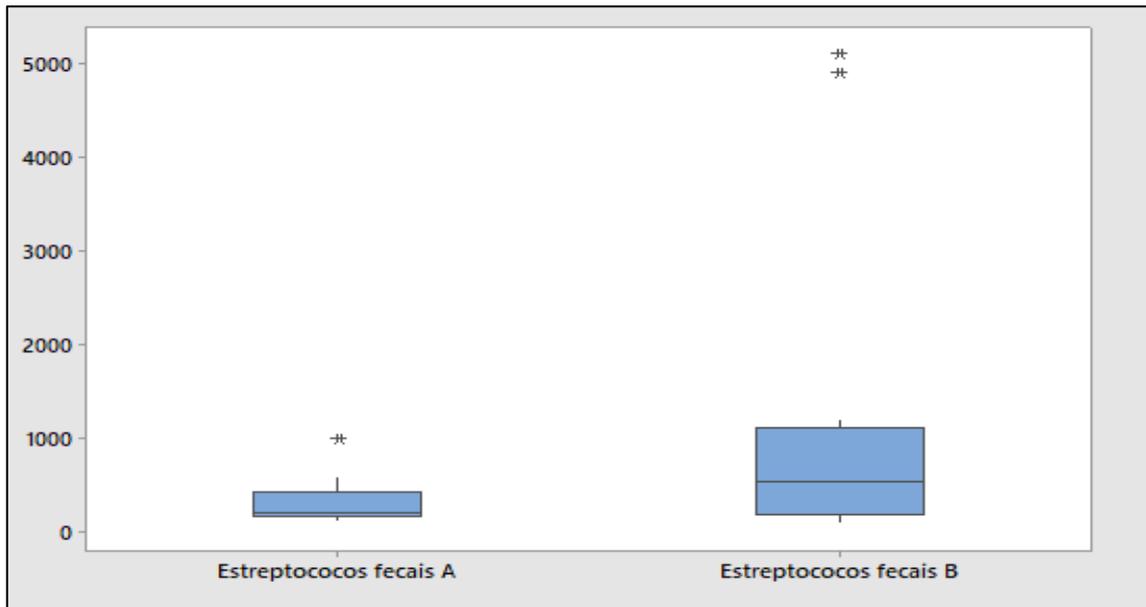
Fonte: A AUTORA (2018).

### **-Streptococos fecais**

Para a legislação do COPAM/CERH-MG Nº 1, 05/05/08, não existe valor limite do parâmetro estreptococos fecais.

Os resultados de Estreptococos fecais no ponto B foram maiores do que os resultados no ponto A durante o período analisado. No ponto A, a média dos resultados das análises foi 326,6 UFC/100mL e no ponto B foi 1241,6 UFC/100mL (GRAF. 13). Este fato pode estar relacionado a presença de criadouros de animais próximos ao ponto B, pois os estreptococos fecais existem em quantidade elevada no trato intestinal dos animais (SPERLING, 2006).

Gráfico 13 - Box-plot dos valores de estreptococos fecais obtidos para os pontos A e B em UFC/100mL



Fonte: A AUTORA (2018).

O resultado do teste de hipótese apresentou diferença significativa entre os pontos A e B no nível de 10%, pois o P-Valor calculado foi 0,093, o que indica que há algum fator de poluição localizado próximo ao ponto B devido aos valores de concentrações de estreptococos fecais neste ponto ser maior que no ponto A.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois pontos analisados apresentaram desvios nos parâmetros físicos, químicos e biológicos quanto aos valores limitados pela Deliberação Normativa Conjunta nº 1 de 2008 do COPAM/CERH-MG, o que indica que a qualidade da água do Rio Candonga está comprometida no trecho analisado.

Na análise dos resultados do ponto A foi identificado que os parâmetros coliformes termotolerantes, DBO, fósforo total e sólidos suspensos totais apresentaram apenas um desvio ao longo do ano de 2017 e o parâmetro cor verdadeira apresentou resultados em três meses acima do limite estabelecido.

O ponto B está localizado após diversos pontos de poluição. Desta forma a qualidade da água do Rio Candonga no trecho estudado foi influenciada pelo lançamento de efluentes domésticos e resíduos provenientes de agricultura e criação de animais, pois o parâmetro biológico coliformes termotolerantes apresentou 9 dos 12 resultados acima do limite descrito na Deliberação Normativa Conjunta nº 1 de 2008 do COPAM/CERH-MG. Além de apresentar desvios nos parâmetros cor verdadeira e sólidos suspensos totais.

Com a realização do teste de hipótese, quatro parâmetros apresentaram diferença significativa entre os dois pontos analisados, são eles: turbidez; coliformes termotolerantes; coliformes totais e estreptococos fecais, indicando que no ponto B os resultados desses parâmetros são mais elevados do que no ponto A.

Diante disso, recomenda-se um monitoramento mais rígido e com mais pontos de coleta para os parâmetros em não conformidade observados na água do Rio Candonga, com o intuito de identificar a poluição desse corpo hídrico, especialmente com referência às altas concentrações de coliformes.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, S. C. **A água como elemento fundamental da paisagem em microbacias**. Belo Horizonte: Informe Agropecuário, 2000.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22th Ed., Port City Press, Washington, 2012.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA. REDE NACIONAL - **Redes de monitoramento**. Disponível em: <<http://portalpnqa.ana.gov.br/rede-nacional-rede-monitoramento.aspx>>. Acesso em: 17 mai.2018.
- ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. 2012.
- ANDRADE, N. J. **Higienização na Indústria de alimentos: avaliação e controle da adesão e formação de biofilmes bacterianos**. Editora Livraria Varela. São Paulo, 2008.
- BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. de. **Tratamento de águas e efluentes: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos**. São Paulo: Erica, 2014.
- BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4. ed. Brasília: Funasa, 2013.
- BROWN, L. **Escassez de água contribui para déficit na colheita mundial**. Universidade Livre da Mata Atlântica. 2002. Disponível em: <<http://www.sindae-ba.org.br/formacaoArtigo.php?a=71>>. Acesso em: 14 abr. 2018.
- CAIRNS, JR., PRATT, J. R. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M., RESH, V. H. (Ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. London: Chapman & Hall. 1993.
- CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Relatório de qualidade das águas interiores do estado de São Paulo - Apêndice A - Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. 2008. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/publicacoes.asp>>. Acesso em: 20 jun. 2018.
- CORADI, P.C.; FIA, R.; PEREIRA-RAMIREZ, O. **Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS**. Ambi-Água, Taubaté, 2009. Disponível em: <[www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/.../331](http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/download/.../331)>. Acesso em: 15 mai. 2018.
- DI BERNARDO, L; SABOGAL PAZ, L.P. **Seleção de tecnologias de tratamento de água**. São Carlos - SP, 2008.

ESTEVEES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciências/FINEP, 1998.

FREIRE, C. C; OMENA, S. P. F. **Princípios de hidrologia ambiental**. Curso de Aperfeiçoamento em Gestão de Recursos Hídricos – Universidade Federal de Alagoas – Universidade Federal de Santa Catarina, 2005.

GASPAROTTO, F. A. **Avaliação ecotoxicológica e microbiológica da água de nascentes urbanas no município de Piracicaba-SP**. Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2011.

GÓIS, de S. J; MENDES, E. L. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. Blucher, 2013.

HADDAD, E. A.; JÚNIOR, A. P. M. Influência antrópica na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio São Miguel, carste do alto São Francisco, Minas Gerais. **Geosul**, v. 25, n. 49, p. 79-102, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Arcos/MG. 2018. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas-novoportal/por-cidade-estado-estatisticas.html?t=destaques&c=3104205>>. Acesso em: 17 mai. 2018.

KOBIYAMA, M.; MOTA, A. de A.; CORSEUIL, C. W. **Recursos hídricos e saneamento**. Curitiba, 2008.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Átomo, 2010.

LIMA, J. E. F. W. **Recursos hídricos no Brasil e no mundo**. Embrapa Cerrados, 2001.

LIMA, A. M. **Limnologia e qualidade ambiental de um corpo lêntico receptor de efluentes tratados da indústria de petróleo**. 2004.145 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2004.

LIMA, R. N. de S. et al. **Estudo da poluição pontual e difusa na bacia de contribuição do reservatório da usina hidrelétrica de funil utilizando modelagem espacialmente distribuída em sistema de informação geográfica**. Engenharia Sanitária e Ambiental, 2016.

LUZ, C. N. **Uso e ocupação do solo e os impactos na qualidade dos recursos hídricos superficiais da bacia do rio Ipitanga**. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009.

MACHADO. C. J. S. **Recursos hídricos e cidadania no Brasil: limites, alternativas e desafios**. Ambiente & Sociedade, 2003.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH nº 01, de 05 de maio de 2008. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes

ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamentos de efluentes, e de outras providências. **Diário do Executivo**, Belo Horizonte, v. 13, p. 26-32, 2008.

PEREIRA, R. da S. Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. **Revista eletrônica de recursos hídricos**, v. 1, n. 1, 2004.

RAMADE, F. **Dictionnaire Encyclopédique Des Sciences De L' Eau. Ediscience International**. 2ª Edição, Paris, 1998.

REBOUÇAS, A. C. **Água e desenvolvimento rural**. Estudos Avançados. 2001.

SETTI, A. A. et al. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2001.

SILVA, L. P. Da. **Hidrologia: engenharia e meio ambiente**. Brasil: Elsevier, 2015.

SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F. **Gestão de recursos hídricos: aspectos legais, econômicos, administrativos e sociais**. 2005.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 1996.

SPERLING, M. V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Editora UFMG, 2005.

TELLES, D. D. **Ciclo ambiental da água: da chuva à gestão**. São Paulo: Blucher, 2013.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre, 2000.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014.