

**FACULDADE DOCTUM  
ISRAEL DA SILVA CAÇADOR  
JOSELIA ANTONIA CAETANO**

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO LANÇAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS  
SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DA PRATA – MATIAS  
BARBOSA (MG)**

Juiz de Fora  
2019

**ISRAEL DA SILVA CAÇADOR  
JOSELIA ANTONIA CAETANO**

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DO LANÇAMENTO DE ESGOTOS SANITÁRIOS  
SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA DO CÓRREGO DA PRATA – MATIAS  
BARBOSA (MG)**

Monografia de Conclusão de Curso, apresentada ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Faculdade Doctum de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Orientador: Prof. Dr. Christian R. Ribeiro

Juiz de Fora  
2019

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Faculdade Doctum/JF**

Caçador, Israel da Silva

Avaliação do impacto do lançamento de esgotos sanitários sobre a qualidade da água do córrego da prata – Matias Barbosa (MG) / Israel da Silva Caçador, Josélia Antonia Caetano - 2019.

42f.

Monografia (Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária) –  
Faculdade Doctum Juiz de Fora

1. Efluente sanitário. 2. Qualidade da água.  
I. Título. II Faculdade Doctum Juiz de Fora

TERMO DE APROVAÇÃO

FOLHA DE APROVAÇÃO

O Trabalho de Conclusão de Curso intitulado Análise do impacto do lançamento de esgotos sanitários sobre a qualidade da água do Córrego da Prata - Matias Barbosa (MG), elaborado pelos alunos Israel da Silva Caçador e Josélia Antônia Caetano

foi aprovado por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, como requisito parcial da obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária.

Juiz de Fora, 05 de dezembro de 2019.

Christian Ricardo Ribeiro

Professor Orientador

Felipe

Professor Avaliador 1

José Roberto Carneiro

Professor Avaliador 2

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradecemos a Deus por guiar nossos caminhos e nos conduzir até aqui, rumo a essa tão sonhada conquista.

Aos nossos pais e familiares pelo dom da vida, e pelo apoio incondicional ao longo dessa trajetória.

Ao nosso Orientador, Prof. Dr. Christian Ricardo Ribeiro, pela dedicação e solicitude durante o desenvolvimento do trabalho, colaborando para o aprimoramento do nosso conhecimento.

Ao MSc Gustavo Schröder, professor da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, pelas orientações e conduções durante o desenvolvimento deste trabalho.

Agradecemos a empresa administradora do empreendimento que permitiu a realização do trabalho e disponibilizou informações necessárias para sua elaboração.

Por fim, aos amigos, colegas e a todos aqueles que colaboraram direta ou indiretamente para que este trabalho fosse finalizado.

Aqueles que compartilharam dessa caminhada conosco, obrigada!

## RESUMO

CAÇADOR, ISRAEL S.; CAETANO, JOSELIA A. **Avaliação do impacto do lançamento de esgotos sanitários sobre a qualidade da água do córrego da prata – Matias Barbosa (MG)**. 42f. Monografia de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2019.

O lançamento de efluentes sanitários nos corpos hídricos compromete a qualidade e usos das águas, causando implicações danosas à saúde e ao meio ambiente. Neste sentido, este trabalho avaliou o impacto do lançamento de efluentes sanitários de um condomínio industrial sobre a qualidade da água do Córrego da Prata, em Matias Barbosa (MG). Foram realizados monitoramentos da qualidade da água em pontos à montante e à jusante do ponto de lançamento do efluente, bem como a avaliação de sua conformidade aos limites definidos na Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, para um corpo receptor classe 2. Também foram realizados o monitoramento de parâmetros de caracterização na entrada e saída da ETE do empreendimento, com posterior avaliação de sua conformidade aos padrões definidos na Resolução CONAMA n.º 430, de 13 de maio de 2011, e na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 01, de 05 de maio de 2008. Os resultados demonstraram que o processo de tratamento adotado apresenta eficiência compatível com o atendimento aos padrões definidos pela legislação vigente. Apesar disso, as análises de água do corpo receptor mostraram que parâmetros como a DBO foram superiores aos limites e o oxigênio dissolvido inferior ao mínimo estabelecido em algumas coletas. Tal fato pode ser justificado pelo lançamento de outros volumes de efluentes industriais e esgoto doméstico sem tratamento no corpo receptor, conforme pode ser inferido através dos resultados das análises e visita de campo. Portanto, é necessário o monitoramento constante dos efluentes lançados e a implementação de um plano de educação ambiental com a comunidade local que visem à preservação e qualidade desse corpo receptor.

**Palavras-chave:** Efluentes Sanitários. Qualidade da água. Enquadramento.

## ABSTRACT

The release of sanitary effluents into water bodies compromises water quality and uses, causing harmful health and environmental implications. In this sense, this work aimed to evaluate the impact of the discharge of sanitary effluents from an industrial condominium on the water quality of the Silver Stream, in Matias Barbosa (MG). Water quality monitoring was carried out at upstream and downstream points of the effluent discharge point, as well as the assessment of its compliance with the limits defined in CONAMA Resolution No. 357, of March 17, 2005, for a class 2 receiving body. Characterization parameters were also monitored at the entrance and exit of the project's WWTP, with subsequent evaluation of their compliance with the standards defined in CONAMA Resolution No. 430, of May 13, 2011, and in the Joint Normative Resolution COPAM / CERH-MG No. 01, May 5, 2008. The results analyzed showed that the treatment process adopted has efficiency compatible with meeting the standards defined by current legislation. Nevertheless, water analyzes of the recipient body showed that parameters such as BOD were above the limits and dissolved oxygen below the minimum established in some collections. This may be justified by the release of other volumes of industrial effluents and untreated domestic sewage into the recipient body, as can be inferred from the results of the analysis and field visit. Therefore, constant monitoring of discharged effluents is required and the implementation of an environmental education plan with the local community aimed at the preservation and quality of this receiving body.

**Key Words:** Sanitary Effluents. Water Quality. Framework.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### MAPAS

Mapa 1 - Localização dos pontos de coleta e de lançamento .....	25
---	----

### FIGURAS

Figura 1 - Estação de Tratamento de Efluente (ETE) .....	27
--	----

### GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultados das análises da condutividade da água .....	32
Gráfico 2 – Resultados das análises da cor verdadeira .....	33
Gráfico 3 – Resultados das análises da DBO da água .....	34
Gráfico 4 – Resultados das análises do oxigênio dissolvido na água .....	35
Gráfico 5 – Resultados das análises dos Coliformes Fecais ( <i>Escherichia coli</i> ) da água .....	35
Gráfico 6 – Resultados das análises dos sólidos sedimentáveis da água .....	36
Gráfico 7 – Resultados das análises do pH da água.....	36
Gráfico 8 – Resultados das análises da Turbidez da água .....	37

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação das águas doces .....	17
Quadro 2 - Resultados das análises realizadas para o efluente bruto .....	30
Quadro 3 - Resultados das análises realizadas para o efluente tratado .....	30
Quadro 4 - Resultados das análises de todos os parâmetros analisados.....	32

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
ANA	Agência nacional das Águas
CONAMA	Conselho Nacional Do Meio Ambiente
COPAM	Conselho Nacional de Meio Ambiente
NBR	Normas Brasileiras
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos

## LISTA DE SÍMBOLOS

°C	Graus Celsius
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
pH	Potencial Hidrogeniônico
mL	Mililitro
L	Litro

# SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	12
1.1. Objetivos .....	14
1.1.1. Objetivo geral.....	14
1.1.2. Objetivos específicos.....	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO .....	15
2.1. Qualidade da água: definição, enquadramento e parâmetros .....	15
2.2. Esgotos sanitários: caracterização e tratamento.....	19
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	24
4. CARACTERIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES.....	27
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1. Caracterização dos efluentes gerados (bruto e tratado) .....	30
5.2. Avaliação da qualidade da água do corpo hídrico receptor .....	31
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	40

## 1. INTRODUÇÃO

A água representa um recurso hídrico a partir do momento em que começa a servir à sociedade através dos seus diversos usos. Sua qualidade pode ser um fator limitante para o uso, podendo influenciar o crescimento e o desenvolvimento da sociedade em geral. Portanto, as reservas de água, sejam elas superficiais ou subterrâneas, são componentes estratégicos e essenciais do desenvolvimento econômico, social e de sustentabilidade dos processos produtivos nos âmbitos local, regional e continental (TUNDISI e TUNDISI, 2015).

De acordo com Chamun (2008), os grandes e médios centros urbanos brasileiros estão com seus recursos hídricos comprometidos ou prestes a se comprometer, devido ao lançamento *in natura* de esgotos domésticos nos corpos d'água que os atravessam. Consideram-se esgotos aquelas águas que, após a utilização humana, apresentam as suas características naturais alteradas. Segundo o “Atlas Brasil de Despoluição de Bacias Hidrográficas: Tratamento de Esgotos Urbanos”, da Agência Nacional de Águas, publicado em 2017, são gerados no Brasil 9,1 toneladas de esgotos sanitários por dia e 45% da população nacional não possui tratamento adequado do esgoto sanitário.

O lançamento de efluentes sanitários nos corpos hídricos compromete a qualidade e os usos das águas, causando implicações danosas à saúde pública e ao equilíbrio do meio ambiente. O crescimento das cidades nas últimas décadas tem sido responsável pelo aumento da pressão das atividades antrópicas sobre os recursos naturais. A poluição dos corpos d'água é causada pela introdução de matéria e/ou energia, alterando as características da água e pode afetar a biota. A resposta dos corpos hídricos ao lançamento de despejos industriais e domésticos varia em função de suas características físicas, químicas e biológicas e da natureza das substâncias lançadas (NAGALLI e NEMES, 2009).

O impacto do lançamento de efluentes originados de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) em corpos d'água é motivo de grande preocupação para a maioria dos países. Assim, o estabelecimento de políticas públicas e normas ambientais é necessário para definir critérios para locais de descarga e nível de tratamento exigido e assim garantir que os impactos ambientais da disposição destes efluentes não comprometam a qualidade dos recursos hídricos, conforme ressalta von Sperling (2005). Estudos estratégicos referentes aos recursos hídricos e à qualidade

da água são, portanto, fundamentais para examinar demandas e problemáticas, buscando alternativas que visam à preservação do ciclo e a disponibilidade de usos múltiplos desse recurso.

De acordo com Mota (2008), as principais medidas preventivas para controlar a poluição da água são: estabelecer exigências para o lançamento de efluentes em corpos d'água; implantação de sistema de coleta e tratamento de esgoto; coleta, destinação e tratamento adequado dos resíduos sólidos; controle do uso de fertilizantes e pesticidas; regulação do uso e ocupação do solo; e reutilização adequada da água.

Em relação à primeira medida proposta pelo autor, é importante ressaltar que a qualidade da água e os padrões de lançamento de efluentes no Brasil são definidos pelas seguintes resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente: a) CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, que 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; b) CONAMA n.º 430, de 13 de maio de 2011, que complementa e altera a Resolução CONAMA n.º 357, e dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Nesse contexto, o presente trabalho aborda o impacto do lançamento de efluentes sanitários provenientes de um condomínio industrial sobre a qualidade da água do Córrego da Prata, localizado no Município de Matias Barbosa (MG). Para tanto, foram realizadas a coleta e a análise da água do corpo receptor em quatro momentos distintos, em dois pontos, localizados à montante e à jusante do ponto de lançamento dos efluentes, permitindo a análise da conformidade em relação aos parâmetros definidos pela legislação vigente para um corpo hídrico enquadrado na classe 2. Além disso, foi realizada uma coleta do efluente na entrada e na saída da ETE – portanto, do efluente bruto e tratado –, visando à sua caracterização e a análise de sua conformidade aos padrões e às condições de lançamento estabelecidos pela legislação vigente.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo geral**

O objetivo geral do presente trabalho foi o de avaliar o impacto do lançamento de esgotos sanitários de um condomínio industrial sobre a qualidade da água do Córrego da Prata, localizado no Município de Matias Barbosa (MG).

### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Descrever o processo de tratamento de esgotos sanitários adotado pelo condomínio industrial e avaliar a sua eficiência a partir do monitoramento de parâmetros selecionados do efluente em dois pontos, localizados na entrada e na saída da ETE;
- Caracterizar os efluentes gerados pelo condomínio industrial e avaliar a sua conformidade, após o tratamento, aos padrões e às condições de lançamento em corpos hídricos estabelecidos pela Resolução CONANA n.º 430/2011;
- Avaliar o impacto do lançamento dos esgotos sanitários gerados pelo condomínio industrial sobre o Córrego da Prata a partir do monitoramento de parâmetros selecionados de qualidade da água em dois pontos, localizados à montante e à jusante do lançamento, levando-se em conta os limites de concentração estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005, para um corpo hídrico enquadrado na classe 2.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1. Qualidade da água: definição, enquadramento e parâmetros**

A água é um bem imprescindível para o desenvolvimento humano e, por essa razão, as sociedades se estabeleceram ao longo das margens de rios e lagos em toda a extensão do planeta (BACCI e PATACA, 2008). Com o aumento da demanda por água, para diversas finalidades, a imprescindibilidade de descartá-la como rejeito é observada desde os tempos mais remotos. Corroborando tal fato, constata-se a existência de uma rede de esgoto construída aproximadamente em 3750 a.C. na Índia (BACCI e PATACA, 2008; DAVIS e MASTEN, 2016).

Com o passar dos anos, observou-se uma correlação entre as doenças e a qualidade da água, graças ao trabalho de cientistas pioneiros na área. O trabalho escrito por Dr. John Snow, em 1854, ilustra bem essa afirmativa, pois correlaciona a má qualidade da água consumida em determinados locais com os registros de mortes decorrentes da cólera (DAVIS e MASTEN, 2016).

Analisando a bibliografia disponível, é possível inferir que o estudo da água ganhou grande importância ao longo das décadas, inclusive pelo fato de que os usos, cada vez mais variados, exigiam qualidades distintas. Por essa razão, uma importante função da gestão das águas é avaliar qualitativa e quantitativamente os resíduos lançados nos corpos receptores e, dessa forma, analisar o poder de assimilação dos corpos hídricos em função da destinação do seu uso e legislação vigente (DAVIS e MASTEN, 2016).

Nesse contexto, Bittencourt e Paula (2014) ressaltam que as ações de monitoramento têm por finalidade a determinação da qualidade da água de um corpo hídrico, em sua totalidade ou em um trecho do mesmo, subsidiando a avaliação de sua conformidade às exigências legais estabelecidas para um determinado uso e a sua variação ao longo do tempo. Segundo este mesmo autor, a qualidade da água é resultante das suas propriedades naturais, definidas pelo conjunto de suas características físicas, químicas e biológicas, e das atividades antrópicas desenvolvidas em uma determinada bacia hidrográfica. A qualidade da água ainda sofre influência dos diferentes tipos de solo e da vegetação existente, pelo escoamento superficial.

Outro importante fator que altera a qualidade hídrica são as cargas poluidoras lançadas nos mananciais. Os poluentes podem ser de origem natural, realizada pelo carreamento de solutos devido à erosão do solo, que é um exemplo de poluição difusa, onde não se observa claramente a origem do poluente, ou devido às atividades econômicas desempenhadas em determinada bacia hidrográfica, que na maioria das vezes são fontes de poluição pontuais de lançamento de esgotos sanitários (DAVIS e MASTEN, 2016).

Vários são os diplomas legais intervenientes na gestão de recursos hídricos no Brasil. A Constituição da República Federativa de 1988, em seu Artigo 225, estabelece que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações”.

A Lei Federal n.º 9.433, de 08 de janeiro de 1997, determina em seus fundamentos que a água é um recurso natural limitado e dotado de valor econômico, e que a bacia hidrográfica é a unidade territorial de referência para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A PNRH, desempenhando seu papel como um instrumento da Lei Federal n.º 9.433, visa o enquadramento dos corpos hídricos em classes, observando os usos preponderantes da água. Tal instrumento tem em vista garantir aos usos mais exigentes da água uma qualidade à altura, promovendo uma sinergia entre a gestão das águas com a gestão do meio ambiente. Além disso, a PNRH propõe ações preventivas de combate à poluição das águas, que mitigam o custo de tratamento das mesmas.

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) é composto por um conjunto de órgãos e entidades atuantes nas esferas federal, estadual e municipal, entre os quais se incluem os Comitês de Bacia Hidrográfica e as Agências de Água. As agências responsáveis por propor aos Comitês de Bacia Hidrográfica o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, levando em consideração a legislação pertinente, para que haja o encaminhamento ao respectivo Conselho Estadual de Recursos Hídricos ou ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos, dependendo da dominialidade do curso d'água considerado.

A área de atuação dos Comitês de Bacia corresponde à totalidade de uma bacia hidrográfica. Estes entes possuem diversas responsabilidades, tais como: discutir e deliberar sobre a gestão dos recursos hídricos, solucionar conflitos sobre os recursos hídricos; estabelecer critérios para cobrança do uso desses recursos; e para promover a divisão do ônus de obras benéficas para o uso da população como um todo, entre outras.

A legislação brasileira que trata especificamente do enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes, é a Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005. A resolução classifica as águas do território nacional, quanto à salinidade, em: **águas doces** (com salinidade igual ou inferior a 0,5‰), **águas salobras** (salinidade superior a 0,5‰ e inferior a 30‰) e **águas salinas** (salinidade igual ou superior a 30‰). Ainda segundo esta norma, as águas doces são classificadas conforme detalhado no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação das águas doces

USOS DA ÁGUA	CLASSES				
	ESPECIAL	1	2	3	4
Consumo humano: desinfecção simples	x				
Consumo humano: após tratamento simplificado		x			
Consumo humano: após tratamento convencional			x		
Consumo humano: após tratamento convencional ou avançado				x	
Preservação das comunidades aquáticas	x	x	x		
Unidades de conservação de proteção integral	x				
Recreação de contato primário (natação, esqui e mergulho)		x	x		
Recreação de contato secundário				x	
Irrigação: hortaliças que são consumidas cruas e frutas que se desenvolvam rentes ao solo		x			
Irrigação: hortaliças e plantas frutíferas com os quais o público possa vir a ter contato direto			x		
Irrigação (culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras) e pesca amadora				x	
Proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas		x			
Aquicultura e atividade de pesca			x		
Dessedentação de animais				x	
Navegação e harmonia paisagísticas					x

Fonte: Resolução CONAMA n.º 357/2005.

Além da classificação dos corpos hídricos em classes que definem as suas prerrogativas de uso, diversos parâmetros são utilizados para caracterizar a qualidade das águas, tais como: cor verdadeira; turbidez; pH (potencial hidrogeniônico); oxigênio dissolvido (OD); Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO); Demanda Química de Oxigênio (DQO); sólidos sedimentáveis e os coliformes fecais (VON SPERLING, 2014).

A cor verdadeira de um corpo hídrico é a cor refletida oriunda da decomposição da matéria orgânica e da dissolução de ferro e manganês, podendo ter origem tanto de esgotos domésticos quanto de resíduos industriais. A cor verdadeira é definida como aquela que não sofre a interferência da turbidez da água e a sua unidade de media é a uH (Unidade Hazen – padrão de platina-cobalto). (VON SPERLING, 2014).

Os sólidos em suspensão na água são responsáveis pelo parâmetro turbidez. Tais partículas são originadas por argila, silte, partículas de rocha, algas, erosão e despejos antrópicos. A unidade utilizada é a uT (Unidade de Turbidez - unidade de Jackson ou nefelométrica) (VON SPERLING, 2014).

O pH (potencial hidrogeniônico) indica a condição de acidez ( $\text{pH} < 7$ ), neutralidade ( $\text{pH} = 7$ ) ou alcalinidade ( $\text{pH} > 7$ ) da água através da concentração de íons  $\text{H}^+$  (em escala anti-logarítmica). Esse parâmetro é de suma importância em diversas etapas de tratamento das águas, como a coagulação e a flotação, além de afetar toda a ictiofauna.

O oxigênio dissolvido (OD) expressa a quantidade de oxigênio dissolvido na água, normalmente em mg/L. Constitui o principal indicador de qualidade hidrobiológica, pois é primordial para a vida aquática e para a manutenção das bactérias aeróbicas que consomem a matéria orgânica presente na água (VON SPERLING, 2014).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio ( $\text{DBO}_5$ ) expressa a quantidade de oxigênio consumida pelos microrganismos na oxidação da matéria orgânica, em um teste com o período de incubação de cinco dias para a estabilização bioquímica realizado pelos microrganismos. Existe uma relação diretamente proporcional entre a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto e o consumo de oxigênio exigido pelos microrganismos. Sendo assim, a DBO constitui um dos parâmetros mais utilizados para retratar de forma indireta a quantidade de matéria orgânica

presente em um corpo hídrico. A DBO dos esgotos domésticos situa-se, em média, em torno de 300mg/L (CHAMUN, 2008; VON SPERLING, 2005).

Chamun (2008) ressalta que a Demanda Química de Oxigênio (DQO) é definida como a quantidade de oxigênio necessária para se estabilizar quimicamente a matéria orgânica. Além disso, o autor ressalta que a DQO é um teste de alta aplicabilidade, pois pode ser realizado em poucas horas, mas este não diferencia a matéria orgânica biodegradável da matéria orgânica não biodegradável.

Os sólidos sedimentáveis representam a fração dos sólidos orgânicos e inorgânicos que sedimentam em uma hora no cone Imhoff (VON SPERLING, 2014).

Os coliformes fecais indicam a presença de fezes de animais na água. As fezes humanas, por exemplo, apresentam entre um terço e um quinto de seu peso composto por bactérias do grupo coliforme. Por serem tão numerosos, esses organismos são indicadores da presença de possíveis agentes patogênicos. O grupo coliforme inclui as bactérias pertencentes aos gêneros *Escherichia*, *Klebsiella*, *Erwenia*, *Enterobacter* e *Serratia* (CHAMUN, 2008; FONSECA e LIMA 2018; VON SPERLING, 2005).

## 2.2. Esgotos sanitários: caracterização e tratamento

A NBR 9.648 (ABNT, 1986) define esgoto sanitário como o despejo líquido constituído de esgotos doméstico e industrial, água de infiltração e contribuição pluvial parasitária. Ainda segundo a mesma norma, esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas; esgoto industrial é o despejo líquido resultante dos processos industriais, respeitados os padrões de lançamento estabelecidos.

Os esgotos sanitários podem ser descritos a partir de suas características físicas, químicas e biológicas. As principais características físicas dos esgotos sanitários são (FUNASA, 2004):

- a) Temperatura: em geral, é pouco superior à das águas de abastecimento. A velocidade de decomposição do esgoto é proporcional ao aumento da temperatura;
- b) Odores: são causados pelos gases formados no processo de decomposição, assim o odor de mofo, típico de esgoto fresco é razoavelmente suportável e o odor de ovo podre, insuportável, é típico do esgoto velho ou séptico, em virtude da presença de gás sulfídrico;

c) Cor e turbidez: indicam de imediato o estado de decomposição do esgoto. A tonalidade acinzentada acompanhada alguma turbidez é típica do esgoto fresco e a cor preta é típica do esgoto velho;

d) Variação de vazão: depende dos costumes dos habitantes. A vazão doméstica do esgoto é calculada em função do consumo médio diário de água de um indivíduo. Estima-se que para cada 100 litros de água consumida, são lançados aproximadamente 80 litros de esgoto na rede coletora, ou seja, 80%.

Em relação às características químicas dos esgotos sanitários, as principais são (FUNASA, 2004):

a) Matéria orgânica: cerca de 70% dos sólidos no esgoto são de origem orgânica, geralmente esses compostos orgânicos são uma combinação de carbono, hidrogênio e oxigênio, e algumas vezes com nitrogênio;

b) Matéria inorgânica: é formada principalmente pela presença de areia e de substâncias minerais dissolvidas.

Finalmente, entre as características biológicas dos esgotos sanitários, destacam-se (FUNASA, 2004):

a) Microrganismos: os principais são as bactérias, os fungos, os protozoários, os vírus e as algas;

b) Indicadores de poluição: são vários organismos cuja presença num corpo d'água indica uma forma qualquer de poluição. Para indicar a poluição de origem humana adotam-se os organismos do grupo coliformes como indicadores. As bactérias coliformes são típicas do intestino humano e de outros animais de sangue quente. Estão presentes nas fezes humanas (100 a 400 bilhões de coliformes/hab.dia) e são de simples determinação.

De acordo com Von Sperling (2007), além da caracterização das águas residuárias, é necessário estabelecer claramente a destinação final do esgoto, seja para reuso urbano e industrial, irrigação, recarga de aquíferos ou para o lançamento em um corpo de água receptor. Neste último caso, é fundamental realizar um modelamento da qualidade da água no corpo receptor. Dentre os objetivos do modelamento estão a previsão de condições futuras e o planejamento de níveis e eficiências do tratamento dos esgotos.

Os métodos de tratamento de esgotos foram inicialmente desenvolvidos com enfoque na saúde pública e nas condições adversas causadas pela descarga de esgotos no meio ambiente. Além disso, conforme as cidades foram se

desenvolvendo, não havia mais a disponibilidade de áreas necessárias para o tratamento e a disposição dos esgotos, conforme ressaltam Metcalf e Eddy (2016).

Von Sperling (1996) ressalta que os aspectos mais relevantes a serem considerados na seleção de sistemas de tratamento de esgotos são: eficiência, confiabilidade, disposição do lodo, requisitos de área, impactos ambientais, custos de operação, custos de implantação, sustentabilidade e simplicidade. Cada sistema deve ser analisado individualmente, adotando-se a melhor alternativa técnica e econômica possível. Em relação a esse tema, Andersen (2005) ressalta que, na seleção do nível e do tipo de tratamento a ser aplicado aos esgotos sanitários, é importante priorizar a qualidade bacteriológica do efluente, verificando particularmente a existência ou não de captações de água para abastecimento localizadas à jusante do ponto de lançamento.

As estações de tratamento de esgoto (ETEs) são projetadas com diferentes propósitos, tais como proteger a saúde pública e a vida aquática e preservar o melhor uso da água (SPELLMAN, 2009). Os valores fixados para o lançamento podem ser alcançados, em função da capacidade da estação de tratamento realizar a remoção de um determinado parâmetro ou da capacidade de diluição do lançamento de esgoto ou efluente no corpo receptor. Qualquer que seja a exigência de atendimento ao valor máximo permissível, o lançamento não poderá comprometer o recurso hídrico, causando poluição e/ou limitando o uso preponderante definido pelo enquadramento (BITTERNCOURT e PAULA, 2014).

O tratamento de esgotos sanitários é usualmente classificado através dos seguintes níveis, segundo von Sperling (1996):

a) **Tratamento preliminar:** objetiva apenas a remoção de sólidos grosseiros em suspensão;

b) **Tratamento primário:** visa à remoção de sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica, predominando os mecanismos físicos;

c) **Tratamento secundário:** onde predominam mecanismos biológicos, com o objetivo principal de remoção de matéria orgânica e de nutrientes (nitrogênio e fósforo);

d) **Tratamento terciário:** objetiva a remoção de poluentes específicos (usualmente tóxicos ou compostos não biodegradáveis) ou a remoção complementar de poluentes não suficientemente removidos no tratamento secundário.

São inúmeros os estudos aplicados que investigam o impacto do lançamento de esgotos sanitários sobre a qualidade da água. O estudo realizado por Madruga et al. (2008), por exemplo, observou a poluição microbiológica no Córrego dos Macacos e avaliou sua influência na qualidade da água do Rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu (SP). Constatou-se que após a confluência desse corpo d'água com o Córrego dos Macacos, sua qualidade química piorou. Nesse caso a contaminação estava relacionada com o lançamento de esgotos sem tratamento no corpo hídrico.

O estudo realizado por Rocha (2013), sobre o impacto da qualidade do Rio Parnaíba na zona urbana de Teresina (PI), constatou que os usos não consuntivos, como o lançamento de efluentes, principalmente de esgotos doméstico, decorrente da falta de serviços de saneamento, alteram diretamente a qualidade da água e constituem um foco direto para a geração de doenças de veiculação hídrica. O autor sugere, assim, que sejam aplicados investimentos na área de saneamento e que sejam intensificadas as fiscalizações e o monitoramento das áreas no entorno do Rio Parnaíba.

Válio *et al.* (2013) avaliaram que a qualidade da água do Rio Itapetininga (SP) variava entre regular a boa e que os principais fatores impactantes sobre sua qualidade eram o lançamento de efluentes da ETE Itapetininga e os processos de erosão e de assoreamento, relacionados com a mata ciliar de muitos trechos do mesmo. Em seu estudo, Ternus *et al.* (2011) também atribuíram aos lançamentos de efluentes domésticos e industriais a responsabilidade preponderante pela degradação da qualidade da água nos corpos hídricos da Bacia do Alto Rio Uruguai.

Rocha *et al.* (2001) avaliaram a eficiência da ETE Pirajá, implantada no Município de Teresina (PI), e constataram um desempenho eficaz do tratamento adotado quanto à remoção de matéria orgânica, não observando a alteração da qualidade da água após a descarga do efluente, devido à grande capacidade de autodepuração do Rio Parnaíba.

Nagalli e Nemes (2009) realizaram a investigação ambiental de um corpo hídrico receptor de efluentes líquidos industriais e domésticos, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Barigüi, na Região Metropolitana de Curitiba (PR). Para tanto, os autores procederam à caracterização físico-química e biológica das águas residuárias e do curso hídrico, o que permitiu realizar inferências a respeito da capacidade de autodepuração do córrego e dos efeitos associados às poluições

pontuais e difusas. Os parâmetros analisados foram o pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos e alguns metais pesados. Variações espaciais expressivas dos parâmetros monitorados foram observadas, sendo atribuídas às fontes de poluição e aos processos de depuração. Foi constatada uma redução de 90% na concentração de DBO<sub>5</sub> e de 21% de DQO ao longo do trajeto do córrego. Os resultados foram confrontados aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 para os lançamentos, que foram por vezes ultrapassados pelos efluentes analisados. Os estudos de caracterização do regime hidráulico do corpo d'água favoreceram a compreensão dos processos de diluição e de aeração e permitiram a quantificação das cargas poluidoras de cada elemento analisado. Concluiu-se que a capacidade de autodepuração do corpo hídrico se faz presente, embora não seja capaz de degradar toda a carga de poluição afluyente.

O estudo realizado por Chamun (2008) teve como objetivo quantificar a carga de poluição difusa proveniente de esgotos domésticos, lançada por corpos hídricos pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Cancela, localizada na área urbana do Município de Santa Maria (RS). A bacia possui uma população de aproximadamente 18.082 habitantes e uma área de drenagem de 4,95 km<sup>2</sup>. Os resultados das análises demonstraram a deterioração da qualidade da água da bacia, registrando-se parâmetros cujos valores foram inferiores aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 357/2005 para as águas enquadradas na classe 4. De uma forma geral, os valores de oxigênio dissolvido e de pH apresentaram uma pequena variabilidade; no entanto, os valores de condutividade, turbidez, sólidos, DBO, DQO, coliformes totais e *Escherichia coli* apresentaram uma grande variação devido à variação horária da contribuição de esgotos.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O condomínio empresarial localiza-se no Município de Matias Barbosa, no sudeste do Estado de Minas Gerais. O empreendimento coleta o efluente sanitário das empresas instaladas no complexo e depois de tratado é lançado no Córrego da Prata, afluente do Rio Paraibuna. Por sua vez, o Rio Paraibuna, pertencente à Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul, é um importante curso hídrico que corta a área urbana do Município de Juiz de Fora (MG), e segue por municípios vizinhos até desaguar no Rio Paraíba do Sul, no Município de Três Rios (RJ).

Quanto ao enquadramento do Córrego da Prata, conforme estabelecido pelo artigo 42 da Resolução CONAMA n.º 357/2005: “Enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.”

Para a avaliação da conformidade do lançamento de efluente e da qualidade da água do corpo hídrico receptor aos padrões legalmente estabelecidos, foram verificadas as análises disponibilizadas pela administradora do empreendimento em quatro pontos de monitoramento: (1) do curso d'água à montante e (2) à jusante do ponto de lançamento do efluente, (3) da entrada da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) e (4) da saída da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). No Mapa 01 é possível observar a localização dos pontos. Neste contexto, as amostragens foram analisadas da seguinte forma:

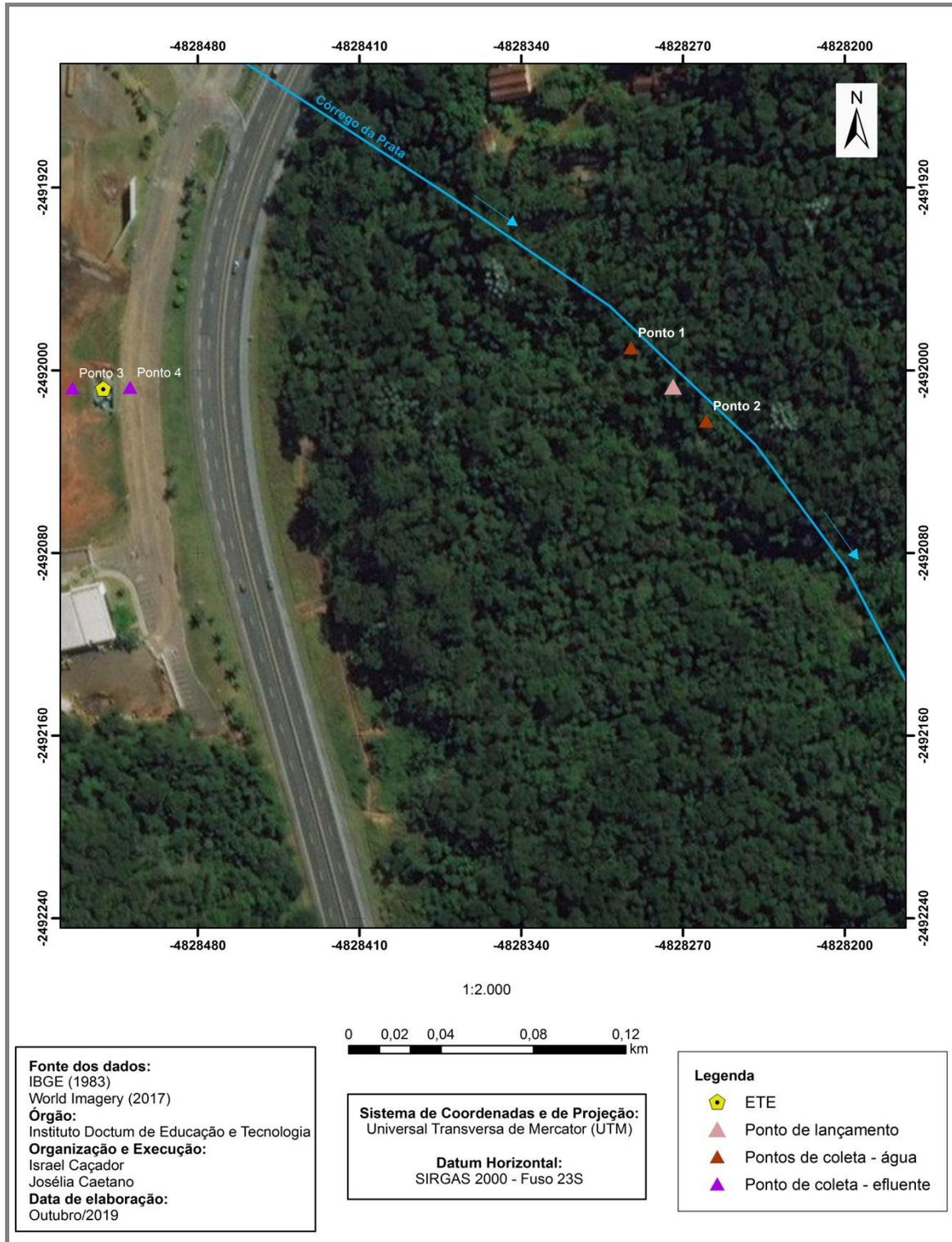
- **Ponto 1** - Córrego da Prata (água bruta, à montante do ponto de lançamento do efluente): Foram realizadas coletas e análises pelo empreendimento nos meses de março e julho de 2018 e janeiro e março de 2019;

- **Ponto 2** - Córrego da Prata (água bruta, à jusante do ponto de lançamento do efluente): Foram realizadas coletas e análises pelo empreendimento nos meses de março e julho de 2018 e janeiro e março de 2019;

- **Ponto 3** - Entrada da ETE (efluente bruto): foi realizada coleta e análise de amostra pelo empreendimento no mês de julho de 2018;

- **Ponto 4** - Saída da ETE (efluente tratado): foi realizado coleta e análise pelo empreendimento no mês de julho de 2018.

Mapa 1 - Localização dos pontos de coleta e de lançamento



As amostras foram coletadas e preservadas pelo laboratório Hidroquímica seguindo as normas padronizadas pela SMWW 22<sup>nd</sup> – e *United States Environment Protection Agency (USEPA)*. Os parâmetros analisados para água bruta, tanto à montante quanto à jusante, foram: potencial hidrogeniônico (pH), temperatura,

demanda bioquímica de oxigênio (DBO), sólidos sedimentáveis, *Escherichia coli*, oxigênio dissolvido, cor, turbidez e condutividade. No caso do efluente bruto (entrada da ETE) foram analisados: demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), potencial hidrogeniônico (pH) e temperatura. Já os parâmetros analisados no efluente tratado (saída da ETE) foram: demanda química de oxigênio (DQO), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), potencial hidrogeniônico (pH), óleos e graxas, sólidos em suspensão e temperatura.

Os monitoramentos realizados pelo empreendimento serviram de base para a realização do diagnóstico apresentado neste trabalho. Nos pontos 1 e 2 (montante e jusante do ponto de lançamento do efluente) foram monitorados parâmetros de qualidade da água. Para estes pontos a análise apresenta a variação temporal dos valores dos parâmetros ao longo do período amostrado e a verificação da conformidade dos parâmetros monitorados aos limites superiores e inferiores de concentração definidos na Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, levando-se em conta o enquadramento das águas do Rio Paraibuna na Classe 2.

Os resultados obtidos nos pontos de entrada e saída da ETE (pontos 3 e 4) permitiram realizar inferências a respeito da eficiência do processo de tratamento adotado e verificar a conformidade dos parâmetros monitorados da saída da estação, lançados no corpo hídrico, em relação aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA n.º 430, de 13 de maio de 2011.

## 4. CARACTERIZAÇÃO DO TRATAMENTO DE EFLUENTES

O empreendimento, objeto desse estudo, compreende um centro de desenvolvimento de negócios, que oferece infraestrutura e rede de serviços básicos às empresas instaladas no local. A Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) recebe o efluente sanitário do conjunto das dezenas de empresas ligadas a rede coletora local.

A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) consiste em uma unidade (Figura 1) destinada ao tratamento de efluentes sanitários, ou esgotos domésticos. Após o tratamento, o esgoto é encaminhado para disposição final, sem causar danos à saúde e ao meio ambiente.

Figura 1 - Estação de Tratamento de Efluente (ETE)



Fonte: acervo dos autores Israel Caçador e Josélia Caetano (2019).

O sistema cujo tratamento ocorre em etapas, foi projetado para alcançar a remoção dos principais poluentes encontrados nas águas residuais, conforme detalhado a seguir:

- **Gradeamento:** tem por objetivo reter os sólidos grosseiros que, caso entrem no tanque de equalização, no Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente (RAFA) ou no reator de lodos ativados, podem prejudicar o sistema, fazendo com que o mesmo não apresente a eficiência desejada. Seu funcionamento se dá de

forma que os materiais de maiores dimensões fiquem retidos na grade. Dessa forma, faz-se necessária a realização de limpeza periódica no local;

- **Medidor de Vazão Parshall:** é um elemento primário para medir a vazão de líquidos fluindo por gravidade em canais abertos, podendo conter sólidos suspensos. Apresenta pouca perda de carga e é bastante preciso na determinação (leitura) das vazões;

- **Caixa Desarenadora:** destina-se à remoção dos sólidos em suspensão (areias e partículas de maiores dimensões), com a utilização de mecanismo gravitacional como método de tratamento. Seu funcionamento se dá de tal maneira que os materiais que passaram pelo sistema de gradeamento sejam decantados para uma câmara dentro de um canal calculado considerando a variação da velocidade e vazão de projeto do sistema. Esse sistema evita a obstrução das tubulações e facilita o transporte do líquido;

- **Tanques de Equalização:** é utilizada para superar os problemas operacionais advindos das variações que são observadas na vazão e nas características na maioria dos efluentes líquidos. Seus objetivos básicos são minimizar as variações de vazão de despejos específicos, de tal modo que haja uma vazão constante ou quase constante para o tratamento posterior, neutralizar os despejos e minimizar as variações de concentração, como DBO, por exemplo;

- **Reatores Anaeróbios de Fluxo Ascendente (RAFA):** é uma unidade de fluxo ascendente, onde o esgoto afluente entra pela parte superior do reator e é distribuído uniformemente na parte inferior, onde se localiza o leito de lodo e onde se processa a digestão anaeróbia. Acima do leito de lodo, ocorre o crescimento de uma zona bacteriana, chamada de manta de lodo, onde os sólidos possuem sedimentação mais lenta. A mistura do sistema ocorre pelo movimento ascendente das bolhas de biogás e do fluxo de esgoto através do reator. É nesse trajeto que parte da matéria orgânica permanece na zona de lodo, onde ocorre a digestão e estabilização. Dentro do reator é instalado um separador trifásico (gases, sólidos e líquidos), uma vez que ocorre o carreamento do lodo com o movimento ascendente das bolhas de gás. Sua função é reter e permitir o retorno do lodo ao compartimento de digestão. Acima do separador há uma câmara de sedimentação, responsável por remover o lodo mais pesado da massa líquida, retorna-lo e separar as partículas mais leves que são encaminhadas junto com o efluente final. Após ter atingido certo

volume, o lodo é descartado através de tubulação de fundo para leitos de secagem para ser desidratado.

- **Reatores de Lodos Ativados:** processo de Lodos Ativados é biológico, no qual, o esgoto afluyente e o lodo ativado são misturados, agitados e aerados nos tanques de aeração. Em seguida separam-se os lodos ativados no decantador final por sedimentação. Entende-se por lodo ativado, o floco produzido em um esgoto pela presença de bactérias ou outros organismos, na presença de oxigênio dissolvido (JORDÃO e PESSOA, 2011). A necessidade de oxigênio desse sistema é elevada, sendo assim, é essencial o seu fornecimento através de bombas aeradoras. O efluente que chega do reator segue por gravidade para o tanque de aeração. No próprio tanque ocorre o crescimento e reprodução dos organismos rapidamente, devido à entrada constante de alimento na forma de DBO dos esgotos. No processo de decomposição, as bactérias existentes no próprio esgoto se alimentam da matéria orgânica e consomem oxigênio. Para acelerar o processo de decomposição, faz-se necessário o uso de aeradores para que as mesmas se desenvolvam mais rapidamente. Dessa forma, as bactérias se agrupam, eliminando a matéria orgânica, seguindo para o tanque de decantação.

- **Decantador Secundário:** é um processo físico na etapa final da clarificação. Tem como objetivo separar a biomassa que consumiu a matéria orgânica do efluente, a qual sedimenta-se no fundo do decantador, permitindo que o sobrenadante seja descartado como efluente tratado, já com sua carga orgânica reduzida e isento de biomassa.

Por fim, o efluente já tratado segue através de manilhas e, posteriormente, por canaletas para ser lançado no corpo receptor, ou seja, o Córrego da Prata, atendendo aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA n.º 430, de 13 de maio de 2011, especialmente no que tange os parâmetros de pH, temperatura, DBO, DQO, sólidos em suspensão totais e óleos e graxas totais. Além do efluente da ETE, são também lançados no mesmo corpo receptor os efluentes de outra estação de tratamento de efluente industrial instalada no empreendimento.

A estação em estudo foi dimensionada para atender uma população de 1.000 usuários, com uma vazão média estimada de 70 m<sup>3</sup>/dia (0,81 L/s) e uma capacidade de vazão máxima diária de 126 m<sup>3</sup>/dia (1,45 L/s). Segundo um levantamento do próprio empreendimento, atualmente a população ativa no conjunto de empresas é de 600 usuários; portanto, a capacidade está adequada à vazão demandada.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Caracterização dos efluentes gerados (bruto e tratado)

A caracterização do efluente (bruto e tratado) gerado pelo empreendimento foi realizada a partir do monitoramento em dois pontos: entrada da ETE (Ponto 3) e saída da ETE (Ponto 4). As coletas foram realizadas no período de julho de 2018. Os resultados dessas análises são apresentados no Quadro 2 (efluente bruto) contemplando os parâmetros de DBO, DQO e pH e no Quadro 3 (efluente tratado), contemplando os seguintes parâmetros: DBO, DQO, óleos e graxas totais, sólidos em suspensão totais, pH e temperatura.

Quadro 2 - Resultados das análises realizadas para o efluente bruto

PARÂMETROS	JULHO/2018
DBO <sub>5,20</sub> (mg/L)	4615
DQO (mg/L)	9569
pH	7,3

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 3 - Resultados das análises realizadas para o efluente tratado

PARÂMETROS	VALORES DE REFERENCIA	JULHO/2018
DBO - 5 dias <sup>(1)</sup>	120mg/L ou remoção de 60%	205
DQO <sup>(2)</sup>	180mg/L ou remoção de 65%	304
Óleos e Graxas Totais <sup>(1)</sup>	20 mg/L	<10
Sólidos em Suspensão Totais <sup>(1)</sup>	100 mg/L	90
pH <sup>(1)</sup>	5 a 9	7,1
Temperatura <sup>(1)</sup>	<40° C	23

Fonte: Elaboração própria.

Notas: <sup>(1)</sup> Resolução CONAMA nº 430/2011; <sup>(2)</sup> Normativa Conjunta COPAM/CERH MG nº 01/2008.

A comparação entre os resultados do efluente bruto e tratado possibilitou observar que o tratamento apresentou eficiência de remoção de 95,56% no parâmetro DBO, resultado considerado satisfatório pela Resolução CONAMA n.º 430/2011, que determina a remoção mínima de 60% ou até 120 mg/L. O mesmo

ocorreu com o parâmetro DQO, demonstrando uma eficiência de remoção de 96,82%, sendo exigido pela Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH MG n.º 01, de 05 de maio de 2008, uma remoção média anual de no mínimo 65% ou até 180 mg/L (COPAM, 2008).

O parâmetro óleos e graxas se encontram dentro dos padrões exigidos pela Resolução CONAMA n.º 430/2011, que determina uma concentração máxima de 20 mg/L.

Os sólidos em suspensão também se apresentaram dentro dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 430/2011, que determina uma concentração máxima de 100 mg/L.

No que tange aos padrões de pH e temperatura, cujos limites são de 5 a 9 para o pH e menor que 40° C para temperatura, conforme a Resolução CONAMA n.º 430/2011, ambos se apresentaram em conformidade para o lançamento de efluentes, sendo respectivamente 7,1 e 23° C.

## **5.2. Avaliação da qualidade da água do corpo hídrico receptor**

A avaliação da qualidade da água do corpo hídrico receptor, o Córrego da Prata, foi realizada a partir do monitoramento de pontos localizados à montante e à jusante do lançamento do efluente tratado. Assim, conforme mencionado anteriormente, foram realizadas quatro coletas/análises de amostras à montante e quatro coletas/análises à jusante, ambas nos meses de março e agosto de 2018 e janeiro e março de 2019.

Os resultados apresentados no Quadro 4, contemplam os seguintes parâmetros: Condutividade, Cor Verdadeira, DBO, DQO, Sólidos Sedimentáveis, *Escherichia coli*, Oxigênio Dissolvido, pH e Turbidez.

Quadro 4 - Resultados das análises de todos os parâmetros analisados.

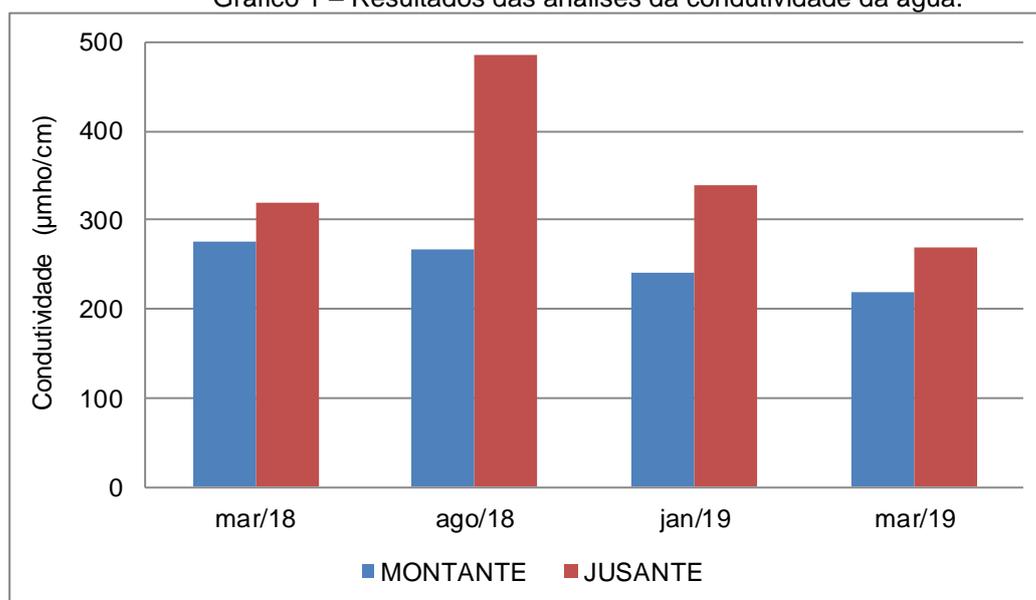
PERÍODO	MARÇO/2018		AGOSTO/2018		JANEIRO/2019		MARÇO/2019		LIMITES CONAMA 357/2005
	M	J	M	J	M	J	M	J	
Condutividade ( $\mu\text{mho/cm}$ )	275	320,4	265,9	485,7	239,8	339,3	219,4	268,2	-
Cor Verdadeira (uH)	5	10	5	40	5	5	5	5	até 75 mg Pt/L
DBO (mg/L)	4,05	113,6	7	26	6	23	4	6	5 mg/L
Sólidos Sedimentáveis (mL/L)	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	0,2	0,5	1
<i>Escherichia coli</i> (NMP/100mL)	149,7	>2419,6	270	>2419,6	151,5	>2419,6	>2419,6	>2419,6	2500
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	6,3	4,3	7,3	9,7	7,9	7,8	7,1	7,6	6
pH	6,66	6,63	7,64	6,74	7,15	7,48	6,78	7,23	6 a 9
Turbidez (NTU)	3,63	9,99	7,79	22,86	0,56	2,83	5,39	7,11	Até 100

Obs.: M: Montante; J: Jusante. Fonte: Elaboração própria.

O padrão condutividade apresentou um aumento relativamente constante no mês de março entre os anos de 2018 e 2019. Em agosto de 2018 e janeiro de 2019 houve um aumento expressivo, principalmente no mês de agosto de 2018, provavelmente em função do período de estiagem (Gráfico 1). Este parâmetro não apresenta enquadramento nas legislações observadas.

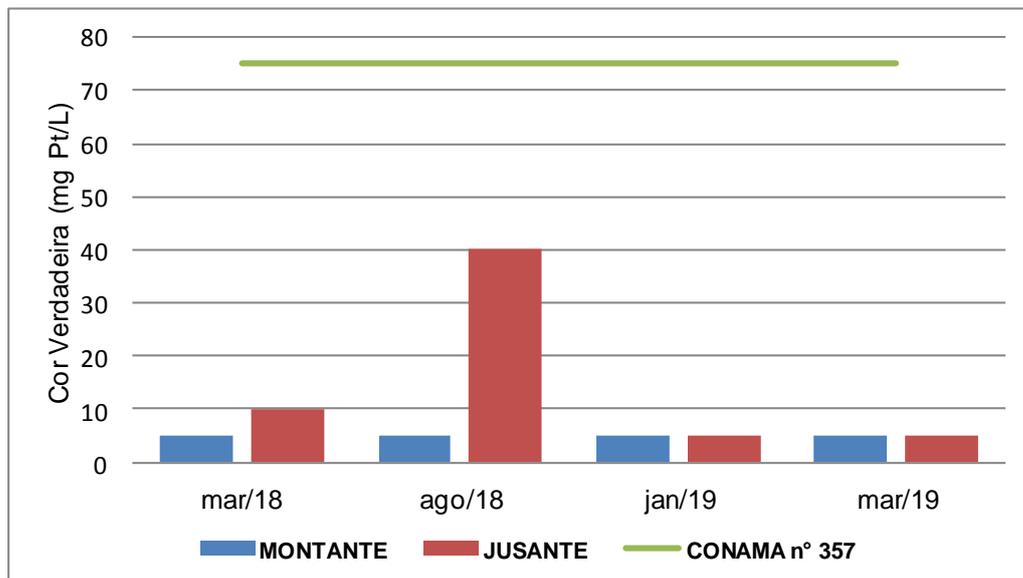
O padrão cor verdadeira apresentou-se constante ao longo do período analisado, com exceção da amostragem à jusante no mês de agosto de 2018, quando demonstrou um aumento; no entanto, ainda dentro dos limites preconizados (Gráfico 2).

Gráfico 1 – Resultados das análises da condutividade da água.



Fonte: Elaboração própria.

Gráfico 2 – Resultados das análises de cor verdadeira da água.

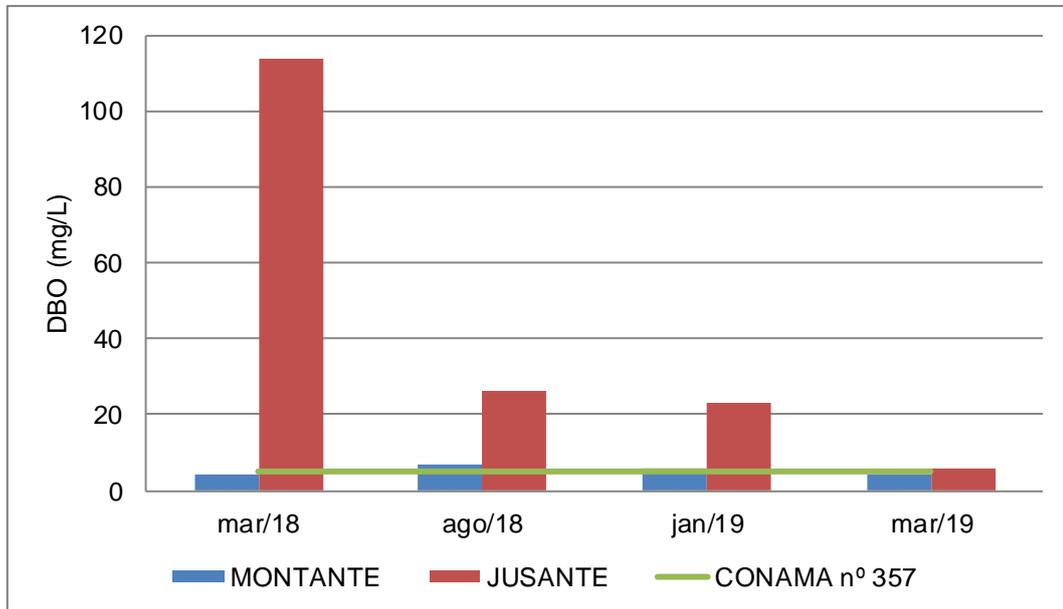


Fonte: Elaboração própria.

A demanda bioquímica de oxigênio é um padrão de extrema importância para a avaliação da qualidade da água de um curso hídrico, pois é capaz de indicar o grau de degradação biológica, e conseqüentemente o grau de poluição de um corpo hídrico. Em março de 2018, a relação entre as amostras de montante e jusante demonstrou um expressivo crescimento na demanda bioquímica de oxigênio. Já em agosto de 2018 e janeiro de 2019 o crescimento foi constante e em março de 2019 o aumento da DBO foi inexpressivo (Gráfico 3).

O crescimento abrupto em março de 2018 provavelmente se dá pela variabilidade de produção sazonal de algumas empresas situadas ao entorno do Córrego da Prata, assim como a variabilidade qualitativa da matéria prima aplicada no sistema produtivo de cada empresa.

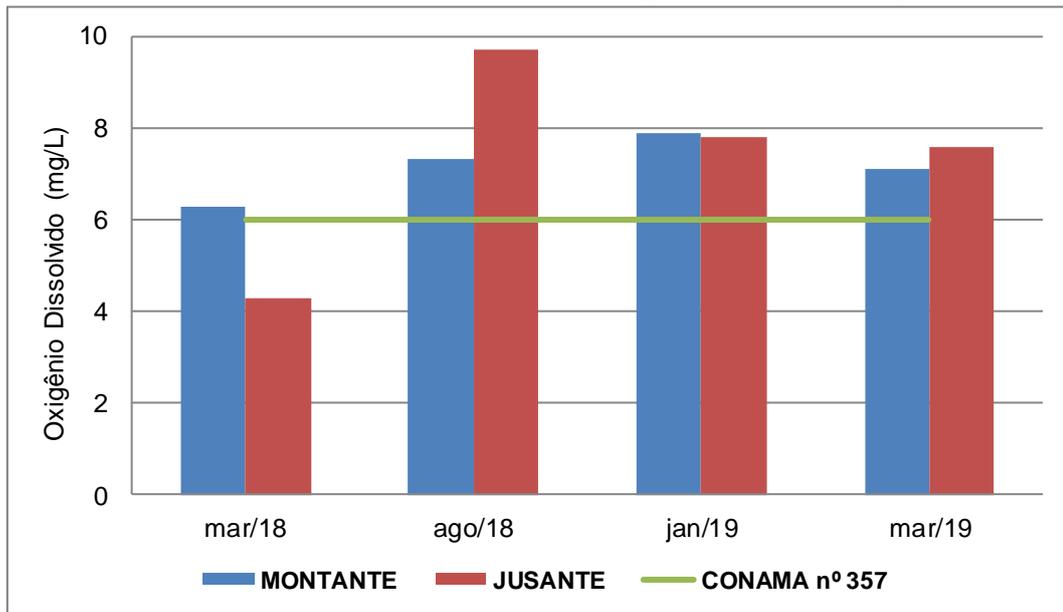
Gráfico 3 – Resultados das análises da DBO da água.



Fonte: Elaboração própria.

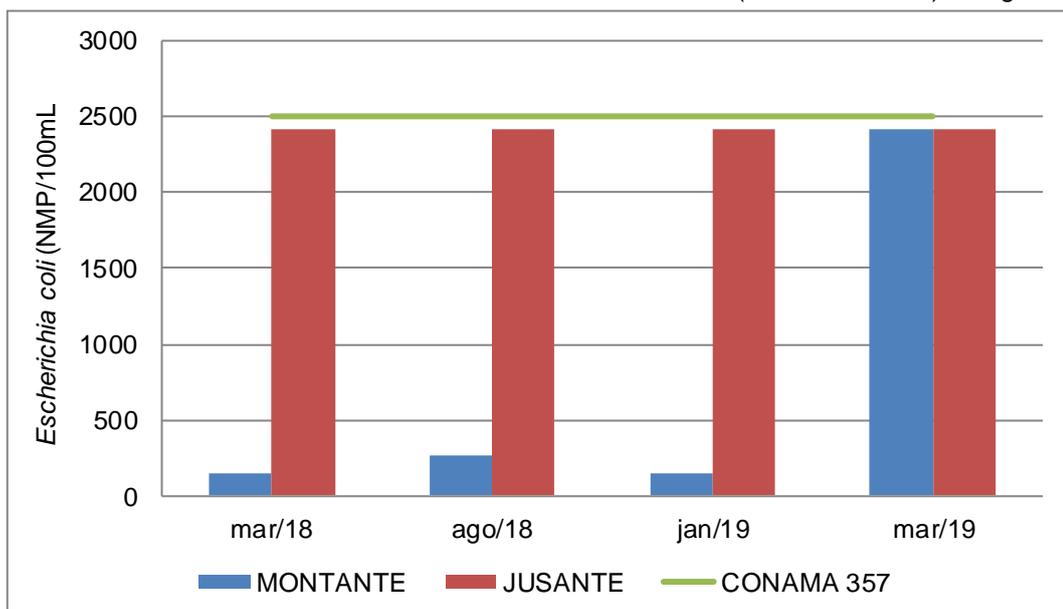
O OD é o principal indicador de qualidade hidrológica, pois é primordial para a vida aquática e na manutenção das bactérias aeróbicas, que consomem a matéria orgânica presente na água. Os valores foram constantes e superiores ao limite da Resolução CONAMA n.º 357/2011, exceto em março de 2018 no ponto à jusante, onde esteve abaixo do limite legal (Gráfico 4). Isso se deve, possivelmente, à alta demanda por oxigênio, evidenciada pela DBO encontrada no mesmo período.

Gráfico 4 – Resultados das análises do oxigênio dissolvido na água.



Fonte: Elaboração própria.

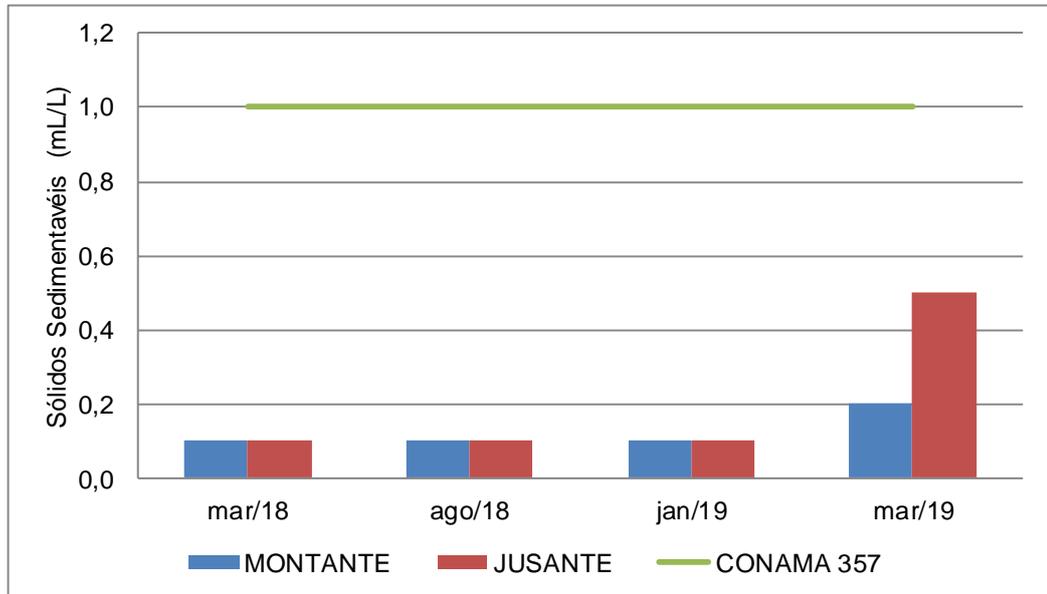
Com relação aos coliformes fecais, as amostras à montante de março de 2018 e janeiro de 2019 registraram valores em torno de 150 NPM/100mL. Já a de agosto de 2018 apresentou 270 NPM/100ml. Esta diferença se dá possivelmente pela época de estiagem. As amostras de março de 2019 apresentaram o valor máximo detectável tanto à montante quanto à jusante, o que pode indicar lançamentos de outras cargas de matéria orgânica no curso hídrico (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Resultados das análises dos Coliformes Fecais (*Escherichia coli*) da água.

Fonte: Elaboração própria.

Os Sólidos Sedimentáveis não apresentaram variação entre os meses analisados, exceto em março de 2019, que revelou valores maiores, particularmente à jusante, mas dentro do limite da Resolução CONAMA n.º 357 (Gráfico 6).

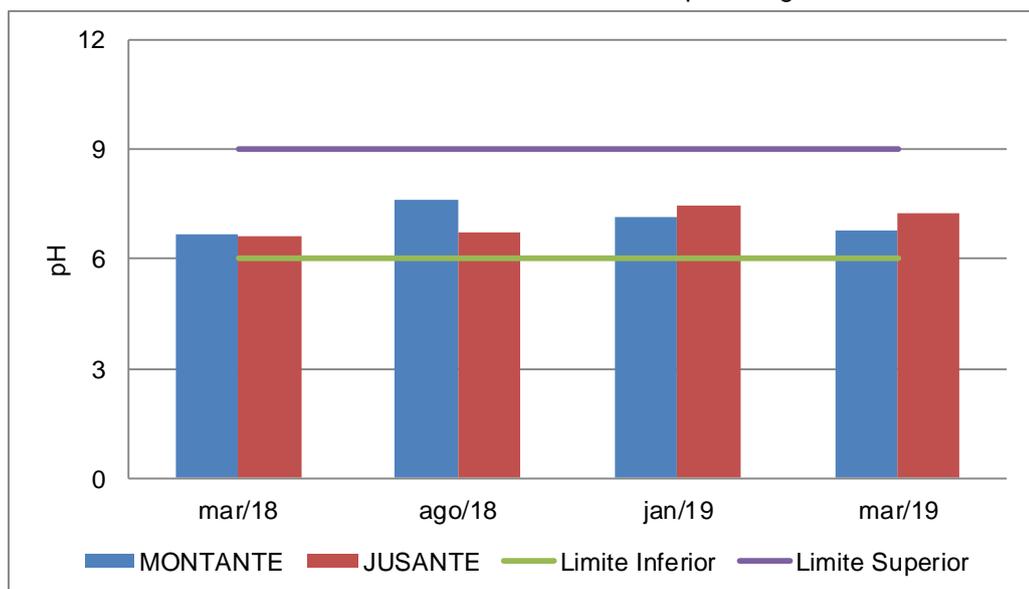
Gráfico 6 – Resultados das análises dos sólidos sedimentáveis da água.



Fonte: Elaboração própria.

O pH é determinado pela concentração de íons hidrogênio em uma solução e mede seu grau de acidez, neutralidade ou alcalinidade. Em todas as amostras, o pH se manteve dentro dos níveis preconizados (Gráfico 7).

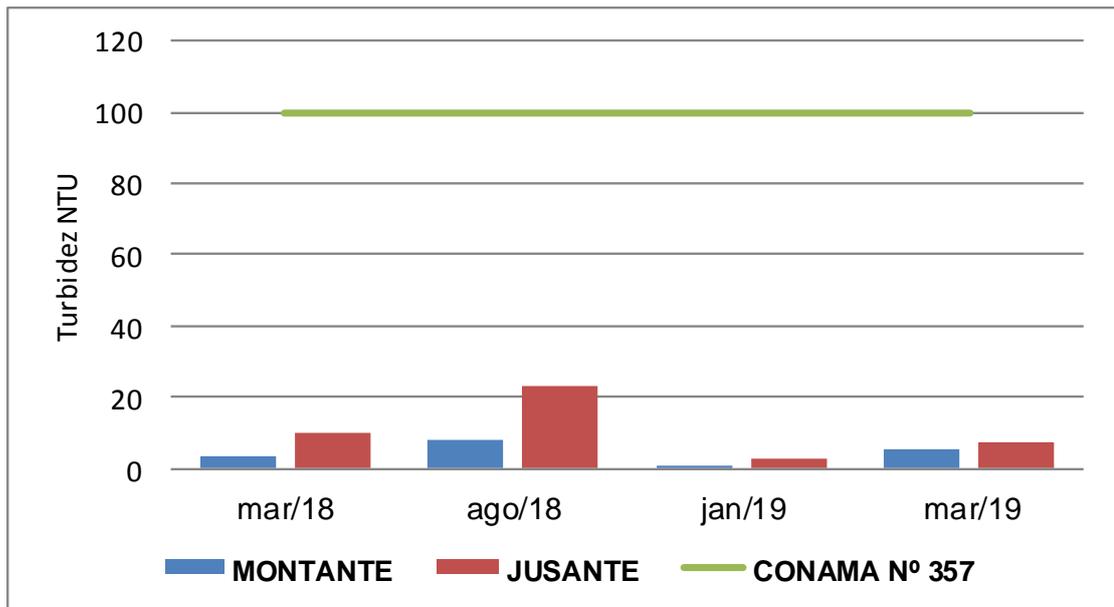
Gráfico 7 – Resultados das análises do pH da água.



Fonte: Elaboração própria.

O padrão turbidez interfere diretamente na quantidade de luz a incidir sobre a água. Ao longo das amostragens esse parâmetro se apresentou dentro do limite estabelecido (Gráfico 8).

Gráfico 8 – Resultados das análises da turbidez da água



Fonte: Elaboração própria.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar o impacto do lançamento de efluentes sanitários de um condomínio empresarial sobre a qualidade da água do Córrego da Prata, localizado no Município de Matias Barbosa (MG). Para tanto, foi realizado o monitoramento de parâmetros de caracterização do efluente na entrada e na saída da ETE do empreendimento, e a posterior avaliação de sua conformidade aos padrões de lançamento definidos na Resolução CONAMA n.º 430, de 13 de maio de 2011, e na Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG n.º 01, de 05 de maio de 2008. Além disso, foi realizado o monitoramento de parâmetros de qualidade da água em um ponto à montante e em um ponto à jusante do ponto de lançamento dos efluentes no Córrego da Prata, bem como a posterior avaliação de sua conformidade aos limites de concentração definidos na Resolução CONAMA n.º 357, de 17 de março de 2005, para um corpo hídrico receptor enquadrado na classe 2.

No mês de março de 2019 foi verificada uma elevada contaminação bacteriológica, revelada através da amostragem do parâmetro Coliformes Fecais (*Escherichia coli*) no ponto à montante do corpo receptor, o que pode evidenciar a existência de outros lançamentos de efluentes sanitários à montante do ponto de lançamento dos efluentes. Porém, como somente uma amostra foi detectada este aumento significativo à montante, seria necessária uma série temporal maior de análises para se descartar alguma interferência pontual no dia da coleta da amostra. Como por exemplo a contaminação por gados a jusante do ponto de coleta.

As coletas de amostras de água do corpo receptor foram realizadas em quatro períodos distintos (março e agosto de 2018 e janeiro e março de 2019), contemplando, em sua maior parte, portanto, o período chuvoso. Contudo, os resultados das análises da amostra coletada no período seco não apresentaram discrepâncias significativas em relação às demais coletas para nenhum dos parâmetros selecionados.

De uma maneira geral, a realização do trabalho demonstrou que o processo de tratamento adotado na ETE do empreendimento apresenta uma eficiência compatível com o atendimento aos padrões de lançamento de efluentes definidos pela legislação vigente. Apesar disso, as análises de água do corpo receptor mostraram que parâmetros como a DBO foram superiores aos limites e o oxigênio

dissolvido inferiores ao mínimo estabelecido em algumas coletas. Tal fato pode ser justificado pelo lançamento de outros volumes de efluentes industriais e esgoto doméstico sem tratamento no corpo receptor, conforme pode ser inferido através dos resultados das análises e visita de campo.

Ao se avaliar o contexto do impacto do lançamento de efluentes no Córrego da Prata, conclui-se ser essencial a manutenção do monitoramento dos efluentes lançados nesse corpo hídrico, aliando-se essa medida à elaboração e à implementação de um plano de educação ambiental abrangendo as propriedades rurais localizadas em sua bacia hidrográfica. Tal sensibilização se torna fundamental na medida em que os lançamentos unitários destes empreendimentos podem, em conjunto, contribuir para alterações significativas na qualidade da água do Córrego da Prata.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ANDERSEN, L.S. Urban water supply and sanitation. *In*: LØNHOLDT, J. **Water and wastewater management in the tropics**. London, UK: IWA Publishing, 2005.

BACCI, D.; PATACA, E. Educação para a água. **Estud. av.** v.22, n.63, p. 211-226, 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-40142008000200014](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200014). Acesso em: 06 set. 2019.

BRASIL. **Lei 9.433**, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o Inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www.camara.gov.br/sileg/integras/470365.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

BITTENCOURT, C.; PAULA, M. A. S. **Tratamento de água e efluentes**: fundamentos de saneamento ambiental e gestão de recursos hídricos. 1ª ed., São Paulo: Érica, 2014.

CHAMUN, C.C. **Avaliação da poluição difusa de esgoto doméstico veiculado a bacia hidrográfica urbana**. 2008. 157 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)-Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7706/CAMILLECOUTOCHAMUN.pdf?squence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 05 set. 2019.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução CONAMA Nº 357**, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação DOU nº 053, de 18/03/2005, págs. 58-63. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 20 ago. 2019.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução CONAMA Nº 430**, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução Nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Publicação DOU nº 92, de 16/05/2011, pág. 89. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>. Acesso em: 20 ago. 2019.

COPAM (Conselho de Política Ambiental). **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG N.º 1**, 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 lançamento de efluentes, e dá outras providências. Publicação Diário do Executivo – “Minas Gerais” em 13/05/2008; Retificação – Diário do Executivo – “Minas Gerais” – 20/05/2008. Disponível em:

<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8151>. Acesso em: 10 mai 2019.

DAVIS, M; MASTEN, S. **Princípios da Engenharia Ambiental** 3. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

FONSECA, I; LIMA, L. **Avaliação do impacto do lançamento de efluentes de uma empresa do setor metalúrgico sobre a qualidade da água do rio Pinho – Santos Dumont (MG)**. 2008. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Ambiental). Faculdade Doctum, Juiz de Fora, 2018.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento. Ministério da Saúde**. Brasília, 2004.

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 4. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2005.

MADRUGA, F.V. *et al.* Avaliação da influência do Córrego dos Macacos na Qualidade da Água do Rio Mogi Guaçu, no município de Mogi Guaçu–SP. **Engenharia Ambiental** v.5, p.152-168, 2008.

METCALF, E.; EDDY, M. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**, 5. ed., 2016.

MOTA, S. **Gestão ambiental de recursos hídricos**. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2008.

NAGALLI, A; NEMES, P.D. Estudo da Qualidade de água de corpo receptor de efluentes líquidos industriais e domésticos. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.** Curitiba, v. 7, n. 2, p. 131-144, 2009. Disponível em: <https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/view/9840/9303>. Acesso em: 10 ago. 2019.

ROCHA, J.R. **Impactos das atividades antrópicas na qualidade das águas do rio Parnaíba no meio urbano das cidades de Teresina-PI e Timon-MA**. 2013. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Piauí, Teresina, 2013.

ROCHA, M.E.S. *et al.* Avaliação Preliminar da ETE Pirajá – Teresina – PI. *In*: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Teresina, 2001.

SPELLMAN, F.R. **Handbook of Water and Wastewater treatment plant operations**. London: Lewis Publishers, 2003.

TERNUS, R.Z. *et al.* Influência da urbanização sobre a qualidade da água na bacia do rio Uruguai superior, no oeste de Santa Catarina, Brasil. **Acta Limnol. Bras.** v.23, n.2, p.189-199, 2011.

TUNDISI, J.G.; TUNDISI, T.M. As múltiplas dimensões da crise hídrica: **Revista USP** n.106, p. 21-30, 2015. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/download/109780/108286/>. Acesso em: 15 set 2019.

VÁLIO, V.M. *et al* Impacto do efluente tratado da ETE na qualidade de água do Rio Itapetininga, SP. **HOLOS ENVIRONMENT** v.13, n.2, p.224-242, 2013.

VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias:** introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, 1996. 211 p.

VON SPERLING, M. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos:** Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias (vol. 1). Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, 2005. 452p.

VON SPERLING, M. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental-UFMG, 2007.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias:** Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1, 4º ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2014.