

# **RELATÓRIO FOTOGRÁFICO**

Consultoria para Operação Assistida, Caracterização e Estudos de Viabilidade do Gerenciamento do Lodo gerado da Estação de Tratamento de Esgoto Principal - ETE Principal da cidade de Muriaé e Análise crítica do projeto de pós-tratamento do efluente anaeróbico e pertinência de sua implantação.

# DEMSUR

## 11ª Medição

**DEPARTAMENTO MUNICIPAL DE SANEAMENTO URBANO DE MURIAÉ**

LICITAÇÃO Nº 001/2022

CONTRATO Nº 011/2022

**PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS DE CONSULTORIA PARA OPERAÇÃO ASSISTIDA,  
ELABORAÇÃO DE MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO, TREINAMENTO  
DE PESSOAL, ESTUDO DE VIABILIDADE E GERENCIAMENTO DO LODO,  
ANÁLISE CRÍTICA DO PROJETO DE PÓS TRATAMENTO DO EFLUENTE  
ANAERÓBICO E PROJETOS BÁSICOS ADICIONAIS DA ETE PRINCIPAL DA  
CIDADE DE MURIAÉ**

**MUNICÍPIO DE MURIAÉ - MG**

**VOLUME 6 – ANÁLISE CRÍTICA DA EFICIÊNCIA DA ETE PRINCIPAL E  
PERTINÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DO PÓS TRATAMENTO**

REVISÃO 01

ABRIL/2023

i

**FICHA TÉCNICA**

<b>Dados da Empresa</b>	MKMBR Engenharia Ambiental SCS, Quadra 1, Edifício JK, sala 126/127 Brasília – DF CEP: 70630-900 Fone: (61) 3321-0811 mkmbr@mkmbr.com.br		
<b>Responsável Técnico</b>	Maurício Leite Ludovice CREA 5050 – D - DF		
<b>Consultor</b>	Marcelo Antonio Teixeira Pinto CREA 11847– D - DF		
<b>Aprovação DEMSUR</b>	Daniela Murucci Monteiro CREA 147.585-D-MG Gustavo Goretti Rodrigues CREA 133.497-D-MG		
<b>Quadro de Revisões</b>			
Nº da Revisão	Justificativa/Discriminação	Aprovação	
		Data	Responsável
00	Emissão Inicial	Mar/2023	Marcelo Teixeira Pinto
01	Ajuste população ETE Principal pelo PMSB	Abr/2023	Marcelo Teixeira Pinto

MARCELO ANTONIO  
TEIXEIRA  
PINTO:15226433549

Assinado de forma digital por  
MARCELO ANTONIO TEIXEIRA  
PINTO:15226433549  
Dados: 2023.04.27 11:47:36 -03'00'

## ÍNDICE GERAL DE VOLUMES

Volume 1 .....	Plano de Trabalho
Volume 2 .....	Manual de Operação e Manutenção
Volume 3 .....	Treinamento de Pessoal
Volume 4 .....	Caracterização e Estudo de Viabilidade do Gerenciamento do Lodo
Volume 5 .....	Operação Assistida
Volume 6 .....	Análise Crítica da Eficiência da ETE Principal e Pertinência da Implantação da etapa de pós-tratamento
Volume 7 .....	Análise Crítica do projeto de pós tratamento do efluente anaeróbico
Volume 8 .....	Projetos Básicos Adicionais

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. O MUNICÍPIO DE MURIAÉ .....	2
3. O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO .....	3
4. A ETE PRINCIPAL .....	8
4.1. A CONCEPÇÃO E O PROJETO DA ETE .....	8
4.2. AS ALTERAÇÕES AO PROJETO ORIGINAL .....	9
4.4. OS RESULTADOS OPERACIONAIS DA ETE PRINCIPAL .....	12
4.5. OS RESULTADOS OPERACIONAIS DAS DEMAIS ETE´s .....	13
5. O PROCESSO DE AUTODEPURAÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA .....	14
5.1. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL ESPECÍFICA .....	14
5.1.1. CLASSIFICAÇÃO DAS COLEÇÕES DE ÁGUAS .....	14
5.1.2. PADRÕES DE LANÇAMENTO DE EFLUENTES .....	16
5.2. IMPACTOS DOS LANÇAMENTOS NOS CURSOS D'ÁGUA .....	18
5.2.1. FONTES DE POLUIÇÃO E AS REAÇÕES NO CURSO D'ÁGUA .....	18
5.2.2. AUTODEPURAÇÃO E BALANÇO DO OXIGÊNIO DISSOLVIDO .....	21
6. O MODELO DE AUTO DEPURAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA .....	23
6.1. MODELO QUAL-UFMG 2017 .....	23
6.1.1. OXIGÊNIO DISSOLVIDO (DBO E NITROGÊNIO) .....	23
6.1.2. FÓSFORO .....	30
6.1.3. COLIFORMES .....	30
7. O RIO MURIAÉ .....	32



7.1. CARACTERÍSTICAS DA BACIA.....	32
7.2. QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	33
7.3. DADOS HIDROLÓGICOS .....	35
7.4. AVALIAÇÃO DA CARGA POLUIDORA .....	36
7.5. TOPOLOGIA DA BACIA DO RIO MURIAÉ .....	37
7.6. CALIBRAÇÃO DO MODELO .....	37
8. RESULTADOS .....	43
8.1. CENÁRIO 1.....	43
8.2. CENÁRIO 2.....	44
8.3. CENÁRIO 3.....	45
9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	47
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50



## 1. INTRODUÇÃO

A Empresa MKMBr Engenharia Ambiental foi contratada pela DEMSUR – Departamento Municipal de Saneamento Urbano de Muriaé, para executar os serviços de consultoria , **OPERAÇÃO ASSISTIDA, ELABORAÇÃO DE MANUAL DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO, TREINAMENTO DE PESSOAL, ESTUDO DE VIABILIDADE E GERENCIAMENTO DO LODO, ANÁLISE CRÍTICA DO PROJETO DE PÓS TRATAMENTO DO EFLUENTE ANAERÓBICO E PROJETOS BÁSICOS ADICIONAIS DA ETE PRINCIPAL DA CIDADE DE MURIAÉ** de acordo com o contrato 011/2022 firmado entre as partes, seus anexos e termo de referência.

O Serviço está dividido em 8 volumes, conforme descrito no Índice Geral de Volumes, e este documento se refere ao **Relatório 6 – Análise Crítica da Eficiência da ETE Principal e Pertinência da Implantação do Pós Tratamento**, parte integrantes das atividades previstas no projeto, que compreende a avaliação operacional da ETE, no período de operação assistida, e a análise de necessidade de ampliar o nível de tratamento da ETE, frente às características de autodepuração do Rio Muriaé.



## 2. O MUNICÍPIO DE MURIAÉ

O município de Muriaé, localizado na Zona da Mata Mineira, possui 841,6 km<sup>2</sup> de extensão e abriga uma população atual (2020) de 109.362 habitantes<sup>1</sup>. O território está distribuído em 8 Distritos (Boa Família, São Fernando, Bom Jesus da Cachoeira, Itamuri, Belisário, Vermelho, Pirapanema, Macuco) e 3 Povoados (São Domingos, Capetinga e Patrimônio dos Carneiros), além do Distrito Sede. A taxa de urbanização é de 92,5%<sup>2</sup>.

A Revisão do Plano Municipal de Saneamento (DEMSUR, 2020) estimou a população Urbana dos Distritos e Povoados para 2022 e 2040, conforme mostrado no Quadro 1 seguinte.

**Quadro 1 – População Urbana dos Distritos e Povoados**

Distritos e Povoados	População 2022 (hab)	População 2040 (hab)
<b>Muriaé</b>	94.914	106.801
<b>Belisário</b>	1.262	1.454
<b>Boa Família</b>	1.015	1.170
<b>Bom Jesus da Cachoeira</b>	1.142	1.285
<b>Itamuri</b>	939	1.082
<b>Pirapanema</b>	509	573
<b>Vermelho</b>	4.242	4.888
<b>São Fernando</b>	159	179
<b>Macuco</b>	555	624
<b>Patrimônio dos Carneiros</b>	78	88
<b>Capetinga</b>	135	152
<b>São Domingos</b>	167	188
<b>Total</b>	105.117	117.764

O clima é tropical mesotérmico úmido, quente e úmido no verão e seco no inverno, com temperaturas médias de 10°C a 25°C no período mais frio. A precipitação média anual é de 1.382 mm, sendo dezembro o mês mais chuvoso (282 mm).

O município pertence à bacia do Rio Paraíba do Sul e Região Hidrográfica dos Rio Pomba e Muriaé – PS2.

<sup>1</sup> IBGE (2020)

<sup>2</sup> Censo IBGE (2010)



### 3. O SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO MUNICÍPIO

Devido às características topográficas da cidade, existem diversas micro bacias de drenagem que, naturalmente, direcionam os esgotos para o curso principal do Rio Muriaé. Diante destas características, em 2004, foi elaborado o estudo de concepção do sistema de esgotamento sanitário de Muriaé, dividindo a cidade em 7 bacias contribuintes.

O DEMSUR, na época optou por buscar a implantação do SES de forma descentralizada, em virtude do montante de investimentos necessários para interligar todas as bacias em uma única unidade de tratamento. A Figura 1 seguinte ilustra os sistemas e identifica todas as unidades elevatórias e de tratamento existentes e planejadas<sup>3</sup>.

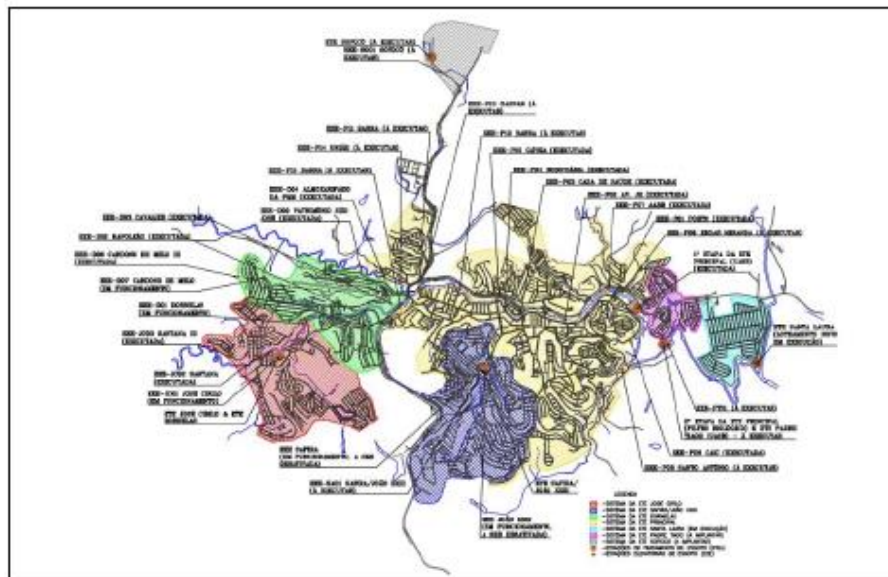


Figura 1 – Sistema de Esgotamento Sanitário de Muriaé

<sup>3</sup> Revisão do Plano Municipal de Saneamento – DEMSUR (2020)

**Quadro 4 – Características das Unidades Projetadas da ETE Principal**

Unidade	Características	Observações
Tratamento Preliminar	Gradeamento: 25 mm Desarenador: L=1,2 m Medição de Vazão em Calha Parshall	Unidade com Limpeza manual
Reatores UASB	4 Módulos Volume: 784 m <sup>3</sup> cada Altura: 5 m TDH: 8 h	Alimentação em caixas divisoras de vazão. Descarte do lodo por tubulação altura 1 m
Pós-tratamento com Filtro Biológico Aerado Submerso (BFS) <u>Ainda não implantado</u>	1 Módulo Volume: 420 m <sup>3</sup> Altura : 2 m Diâmetro : 16,35 m	Sem etapa de decantação secundária separada.
Desaguamento do lodo	Centrífugas: 2 unidades Capacidade : 6 m <sup>3</sup> /h Tanque de equalização Volume:	Desaguamento mecanizado. Lodo desidratado encaminhado para aterro sanitário

#### 4.2. AS ALTERAÇÕES AO PROJETO ORIGINAL

Após a implantação da ETE, foram detectadas alguns problemas não resolvidos na fase de projeto e de execução, os quais foram objeto de análise e propostas de adequação do Engenheiro Paulo Almeida (2020)<sup>4</sup>. As alterações principais, as quais estão em execução em dois módulos do reator são descritas a seguir.

- Remoção hidrostática da Escuma – Instalação de canaletas de coleta nos separadores trifásicos e selos hídricos nas linhas secundárias de coleta de gás.
- Compatibilização das linhas de biogás com o queimador – Tubulação de gás esta sendo trocada por PEAD 50 mm.
- Pontos de Amostragem – Estão sendo introduzidas 3 pontos de amostragem de lodo em cada módulo do reator.
- Descarte de lodo – Alterado a altura de descarte para o fundo do reator.

<sup>4</sup> Almeida, P.G.S (2020) Levantamento de Aspectos Críticos, definição de prioridades e propostas de adequação no tratamento preliminar e reatores UASB da ETE Principal de Muriaé.

## 5. O PROCESSO DE AUTODEPURAÇÃO DOS CURSOS D'ÁGUA

### 5.1. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL ESPECÍFICA

#### 5.1.1. Classificação das Coleções de Águas

O enquadramento dos corpos hídricos constitui um instrumento de planejamento instituído pela Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), Lei nº 9.433/97, e, no âmbito estadual de Minas Gerais, Lei nº 13.199/1999. O enquadramento tem como objetivo classificar os corpos d'água do país quanto a sua de qualidade e usos preponderantes. Ao definir a qualidade do corpo hídrico a ser alcançada ou mantida ao longo do tempo, o enquadramento fornece subsídios aos tomadores de decisão quanto a definição do uso e ocupação da bacia, definição dos usos múltiplos do corpo d'água, escolha dos locais de lançamento de efluentes domésticos e/ou industriais, nível de tratamento necessário etc. Neste contexto, a Resolução CONAMA 357/05 e depois referendado pela Resolução CONAMA 430/11, estabelece a qualidade e usos permitidos por classe conforme o Figura 2 seguinte.

USO DA ÁGUA	CLASSES				
	Esp.	Águas Doces			
		1	2	3	4
<b>Abastecimento Público</b>					
Com simples desinfecção	●				
Após tratamento simplificado		●			
Após tratamento convencional			●		
Após tratamento convencional ou avançado				●	
<b>Ecossistema e Comunidades Aquáticas</b>					
Preserv. do equilíbrio natural das comunidades aquáticas	●				
Preserv. dos ambientes aquáticos unidades de conserv. integrais	●				
Proteção de comunidades aquáticas		●	●		
Dessedimentação de animais				●	
<b>Irrigação e Agricultura</b>					
Hortaliças e frutas rústicas ingeridas cruas sem rem. de película		●			
Salpões e plantas frutíferas e de parques, jardins e áreas de lazer			●		
Culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras				●	
<b>Atividades Industriais</b>					
Processos industriais (dependendo de exigência)					
Aqüicultura e atividade de pesca			●		
Geração de energia elétrica					
<b>Recreação e Lazer (resol. CONAMA 274/00)</b>					
Recreação de contato primário (natação, mergulho)		●	●		
Recreação de contato secundário				●	
Pisce Aqueduto				●	
Paisagismo					●
<b>Navegação</b>					
Navegação					●

Note: Adaptado de Resolução CONAMA 357/05.

**Figura 2 - Classificação das coleções de água para enquadramento de acordo com os seus usos preponderantes.**



## **6. O MODELO DE AUTO DEPURAÇÃO DE CURSOS D'ÁGUA**

### **6.1. MODELO QUAL-UFMG 2017**

A modelagem da qualidade do rio Muriaé foi realizada por meio do modelo QUAL-UFMG, desenvolvido pela Universidade de Minas Gerais, que utiliza o software Excel como interface de modelagem. Suas equações se baseiam nas mesmas equações utilizadas no modelo QUAL2K, desenvolvido pela Agência de Proteção Ambiental Americana (USEPA) para avaliação e simulação da qualidade de água em rios, que tem a capacidade de simular até 15 diferentes parâmetros de qualidade.

O modelo QUAL-UFMG se restringe à simulação dos seguintes parâmetros de qualidade:

- Oxigênio Dissolvido;
- DBO<sub>5</sub>;
- Nitrogênio Total (Orgânico, Amoniacal, Nitrato e Nitrito);
- Fósforo Total (Orgânico e Inorgânico);
- Coliformes Termotolerantes.

A seguir serão descritas as equações e mecanismos, utilizadas pelo modelo QUAL-UFMG, que regem os processos de fornecimento e consumo dos parâmetros supracitados.

#### **6.1.1. Oxigênio Dissolvido (DBO e Nitrogênio)**

O balanço de massa do oxigênio dissolvido leva em consideração a reaeração atmosférica, desoxigenação carbonácea, nitrificação e demanda bentônica de acordo com o esquema mostrado na Figura 5. As reações de fotossíntese e demanda bentônica foram consideradas desprezíveis para efeito deste estudo, tendo em vista que a fotossíntese tem participação minoritária no fornecimento de oxigênio em ambientes lóticos e os cursos d'água da região são muito rasos.

## 7. O RIO MURIAÉ

### 7.1. CARACTERÍSTICAS DA BACIA

O Rio Muriaé nasce no município de Miraf, na Zona da Mata Mineira e possui área de drenagem de 8.292 km<sup>2</sup> e extensão de 250 km, com um caudal médio de 118 m<sup>3</sup>/s, desaguando no Rio Paraíba do Sul. O rio corta a malha urbana de Muriaé, junto com um dos seus principais afluentes, o Rio Preto e outros pequenos córregos. A jusante da cidade, o rio Muriaé recebe o Rio Glória, atual fonte de abastecimento da cidade.

No trecho urbano do Rio Muriaé ele se apresenta em leito rochoso, com algumas quedas e corredeiras, o que proporciona um bom índice de oxigenação.

A bacia possui um histórico de acidentes de rompimento de barragens com resíduos de bauxita, com consequências de assoreamento dos cursos d'água e interrupção de abastecimento de água. Muitos trechos apresentam baixa qualidade da água, causado por dejetos urbanos e industriais lançados pelos diversos município banhados por ele.

A Figura 6 apresenta a bacia do Rio Muriaé com a marcação territorial do município. A Figura 7 seguinte mostra os principais contribuintes do Rio Muriaé e os distritos e povoados do município. Observa-se que o Rio Muriaé corta a cidade ao meio para onde afluem os demais contribuintes e toda a drenagem urbana.



**Figura 6 – Bacia do Rio Muriaé**

## 8. RESULTADOS

Os dados apresentados no presente estudo foram utilizados no modelo QUAL2E-UFMG que geraram os seguintes resultados:

### 8.1. CENÁRIO 1

A Figura 11 seguinte apresenta os resultados da qualidade da água do Rio Muriaé com a ETE Principal removendo 60% de sua carga orgânica em fim de plano. Os esgotos do lançamento de Padre Tiago foram integrados à ETE Principal.

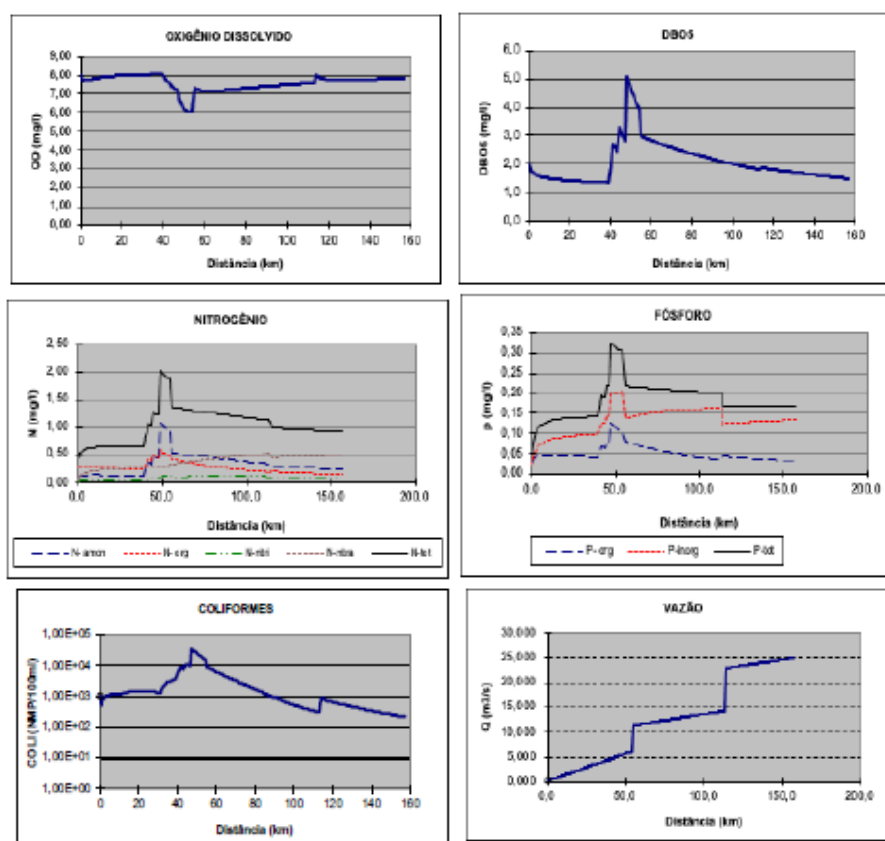


Figura 11 – Resultados do Modelo Remoção de 60% de DBO ETE Principal



## 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo teve o objetivo de avaliar a necessidade de implantação de um pós-tratamento aeróbico para os efluentes da ETE Principal de Muriaé, gerados por um processo anaeróbico de tratamento por reatores UASB.

Para tanto, foram verificadas as características do sistema de esgotamento sanitário de Muriaé, na situação atual e futura, em especial a ETE Principal. Especificamente para esta estação, foram corrigidos os equívocos da concepção do projeto, trazendo os dados para mais próximo da realidade do per-capita de consumo, das cargas orgânicas que serão geradas e da vazão de esgotos que deverá afluir à estação.

A bacia do rio Muriaé foi avaliada nas suas características hidrológicas e definidas as vazões mínimas ( $Q_{95}$ ) e com 10 anos de recorrência ( $Q_{7,10}$ ), no ponto de lançamento e no exutório no Rio Paraíba do Sul, bem como as equações chaves de relação vazão, velocidade e profundidade da calha do rio.

Foi apresentado todos os aspectos teóricos que dão suporte ao estudo de auto depuração de cursos d'água, bem como as equações utilizadas no modelo QUAL2E – UFMG, que serviu de suporte para obter as respostas procuradas. Foram definidas também todas as constantes de reação físico-químicas e biológicas que ocorrem no processo de auto depuração em cursos d'água.

O modelo foi aplicado para a situação atual de esgotamento sanitário da cidade e os resultados comparados com os dados de monitoramento da qualidade da água produzidos pelo IGAM, com intuito de calibrar as constantes e variáveis do modelo. Os resultados mostraram boa aderência aos dados de monitoramento, o que permitiu utilizá-lo para prever cenários futuros.

Assim foram definidos 3 cenários para o esgotamento sanitário de Muriaé que mostraram os seguintes resultados:

- Remoção de DBO em 60% na ETE Principal ultrapassa o limite de concentração de DBO no rio, preconizados para classe 2, sem contudo reduzir os níveis de Oxigênio Dissolvido para valores abaixo do limite da legislação.
- Remoção de DBO em 70% na ETE Principal, não ultrapassa os limites de concentração de DBO e de Oxigênio Dissolvido no rio, definido para classe 2.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, P.G.S (2020). Levantamento de Aspectos críticos, definição de prioridades, e proposta de adequações no tratamento preliminar e reatores UASB de estação de tratamento de esgoto doméstico. Relatório Técnico para o DEMSUR.

AMBIENTA Soluções Ambientais (2013) Estudo de Auto Depuração do Rio Muriaé

CEIVAP (2005) Plano de Recursos Hídricos do Rio Paraíba do Sul

CNA Consultores Associados (2015). Projeto Executivo da ETE Muriaé.

CONAMA (2011) Resolução 430/2011

COPAM/MG (2008) Resolução 01/2008

DEMSUR (2020) Revisão do Plano Municipal de Saneamento Básico

DEMSUR (2021). Termo de referência para a contratação dos serviços de operação assistida da ETE Principal.

DEMSUR (2023). Informações Técnicas do monitoramento das Estações de Tratamento de esgotos

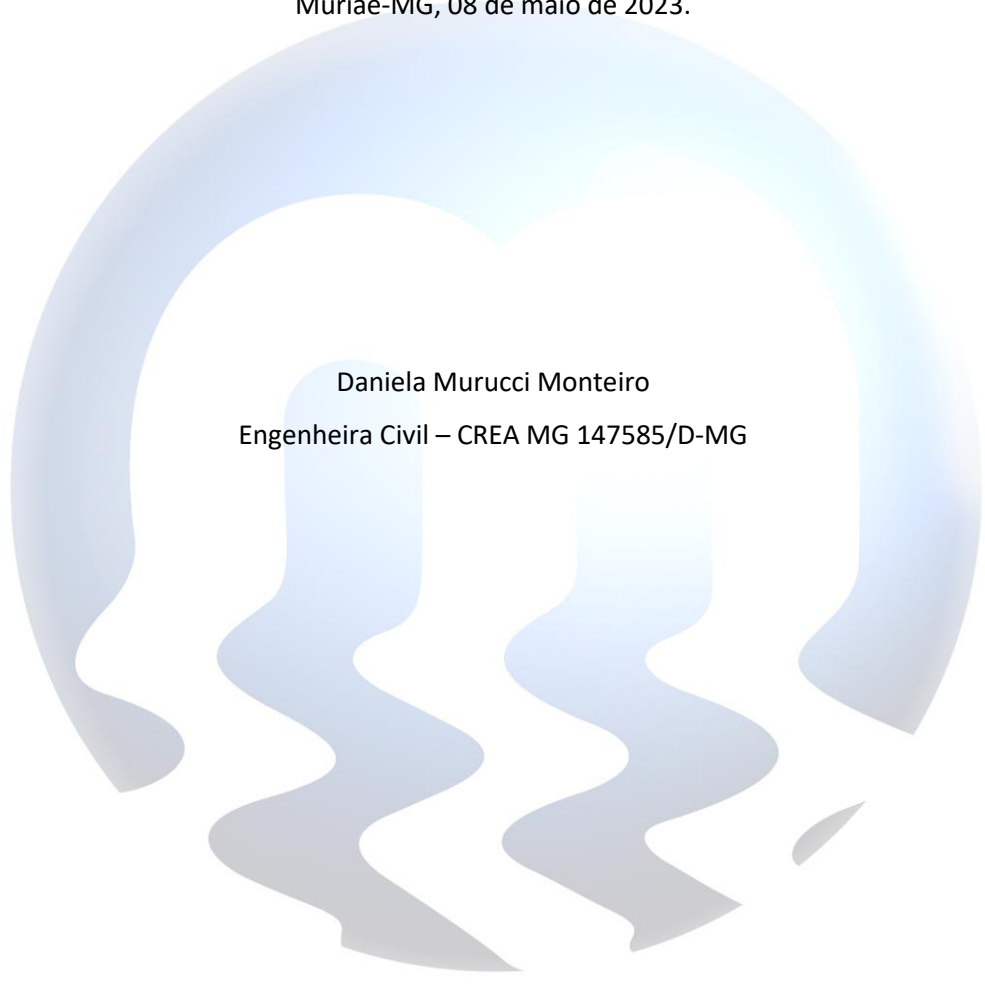
IGAM (2022) – Resultados do monitoramento das águas superficiais de Minas gerais

VON SPERLING, M and CHERNICHARO, C.A.L (2005) Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Region



Foram inseridas algumas páginas do VOLUME 6 – ANÁLISE CRÍTICA DA EFICIÊNCIA DA ETE PRINCIPAL E PERTINÊNCIA DA IMPLANTAÇÃO DO PÓS TRATAMENTO produzido em conformidade com o Termo de Referência, referente a 11ª medição de serviços.

Muriaé-MG, 08 de maio de 2023.



Daniela Murucci Monteiro  
Engenheira Civil – CREA MG 147585/D-MG

# DEMSUR