

Camila Flávia Pereira Silva

**TRATABILIDADE E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DA ÁGUA
RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA AUTOCLAVAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE
SERVIÇOS DE SAÚDE: Estudo de caso da Viasolo Engenharia Ambiental S.A**

Bambuí/MG
2021

CAMILA FLÁVIA PEREIRA SILVA

**TRATABILIDADE E AVLIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DA ÁGUA
RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA AUTOCLAVAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE
SERVIÇOS DE SAÚDE: Estudo de caso da Viasolo Engenharia Ambiental S.A**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG) *Campus Bambuí/MG*, como requisito para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Ciências Ambientais
Linha de Pesquisa: Gestão e Planejamento Ambiental
Orientador: Prof. Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni

Bambuí/MG
2021



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria Geral
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-graduação
Seção de Pós-Graduação
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG
37 3431 4900 - www.ifmg.edu.br

PARECER N° 7

FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada "TRATABILIDADE E AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE REÚSO DA ÁGUA RESIDUÁRIA PROVENIENTE DA AUTOCLAVAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE: Estudo de caso da Viasolo Engenharia Ambiental S.A", de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, Camila Flávia Pereira Silva, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 24/09/2021, com a média de 92,0 pontos.

A análise das correções finais da dissertação sugeridas pela Banca Examinadora será feita somente pelo professor orientador.

A professora Dra. Glória Maria Marinho Silva (IFCE), coorientadora da mestranda Camila Flávia Pereira Silva não participou da banca de defesa, devido a problemas de saúde, mas enviou via e-mail contendo sugestões de mudanças para a Dissertação e Produto Técnico.

Bambuí (MG), 24 de setembro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por Thiago Henrique Martins Pereira, Usuário Externo, em 25/09/2021, às 11:15, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por Hygor Aristides Victor Rossoni, Usuário Externo, em 25/09/2021, às 17:29, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por Gustavo Augusto Lacorte, Professor, em 27/09/2021, às 08:43, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador 0963948 e o código CRC AAFFFD39.

Criado por [ronaldo.barbosa](#), versão 2 por [ronaldo.barbosa](#) em 25/09/2021 08:18:56.

S586t Silva, Camila Flávia Pereira.

Tratabilidade e avaliação do potencial de reúso da água residuária proveniente da autoclavação de resíduos sólidos de serviços de saúde: estudo de caso da Viasolo Engenharia Ambiental S.A. / Camila Flávia Pereira Silva. – Bambuí, 2021.

169 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Hygor Aristides Victor Rossoni.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2021.

1. Tratamento em autoclave. 2. Tratamento efluente de saúde. 3. Resíduos saúde e autoclavagem. I. Rossoni, Hygor Aristides Victor. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 628.162

BIOGRAFIA

Discente: Camila Flávia Pereira Silva

Filiação: Carlos Eustáquio Pereira da Silva

Vera Lúcia Flávia Pereira da Silva

Naturalidade: Belo Horizonte - **Estado:** Minas Gerais - **Data de nascimento:** 25/10/1983

Informações acadêmicas

Ensino Médio: Escola Estadual Nossa Senhora do Carmo - Betim/MG

Curso Técnico:

Curso técnico/profissionalizante em Técnico em Controle Ambiental - Instituto Federal Minas Gerais, IFMG, Campus Betim, Brasil. (2011 / 2012)

Curso Superior:

Graduação em Ciências Biológicas - Fundação Universidade de Itáúna, FUIT, Brasil. Trabalho de conclusão de curso: GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS: estudo sobre o seu impacto ambiental.

Orientador: Rodrigo Lobo Leite. (2005 / 2008)

Experiência profissional: Entre 2007 e 2008 atuou como estagiária na Divisão de Educação Ambiental da Prefeitura Municipal de Betim (PMB), com a realização de diversas atividades socioambientais junto à comunidade. Neste mesmo período estagiou no Centro de Convivência Estação dos Sonhos – um dispositivo de saúde mental, onde foram desenvolvidas oficinas terapêuticas ligadas à botânica e educação ambiental. No ano de 2009, ainda na prefeitura de Betim, atuou como técnica júnior no setor Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) realizando visitas técnicas, análises e aprovações dos relatórios apresentados bem como no apoio para a regularização dos estabelecimentos geradores de resíduos de serviços de saúde (RSS). Durante o mesmo ano, atuou como chefe da Seção Comércio e Serviços na (PMB), obtendo experiência relevante na área de Licenciamento Ambiental (LA) através da análise dos processos administrativos e dos alvarás de

localização/funcionamento e de evento. Participou da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) do Hospital Municipal José Sabino Neto, localizado no município de Betim, onde obteve a oportunidade de atuar diretamente com profissionais da área de saúde, meio ambiente e demais setores. Em 2011, atuou como auxiliar administrativa na empresa Viasolo Engenharia Ambiental S.A, onde, até o ano de 2014 ocupou cargos administrativos nos setores de planejamento operacional e financeiro. Ainda no ano de 2014, foi contratada como Bióloga, realizando a gestão e gerenciamento da Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (UTRSS), gerenciamento das licenças ambientais da empresa, gestão de contratos públicos e privados, apoiando outras empresas do grupo como Ecovia Valorização de Resíduos Ltda e Resíduo Zero Ambiental, ambos aterros sanitários do grupo.

Dedico às empresas públicas e privadas que possuem como principal atividade a gestão de resíduos no Brasil. Para que permaneçam almejando um desenvolvimento contínuo e traçando novos desafios, sem deixar de respeitar os limites do nosso ecossistema e permanecendo com o compromisso de buscar soluções cada vez mais sustentáveis para suas operações e, principalmente, para a longevidade do planeta.

Dedico ao “futuro” e a todos presentes nele!

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial aos meus pais Carlos e Vera, que sempre me motivaram e apoiaram em todas minhas decisões e escolhas!

Ao meu marido, Rodrigo Brito, o qual foi compreensível, amoroso e parceiro durante todos estes anos!

Ao meu orientador, professor Hygor Rossoni, pela orientação sempre criteriosa, eficiente e segura. Por todo ensinamento, compromisso e profissionalismo acima de tudo! Mas também, pela paciência, persistência, generosidade e “humanidade” diária! Suas atitudes vão além de um professor/orientador..., mas sim de um amigo!

Aos meus amigos que levo no coração, Thiago Silva e Amábile Amaral pelo carinho, risadas, abraços, choros, e principalmente pelo conhecimento compartilhado dentro e fora de sala – afinal foram muitos investimentos na bolsa não é mesmo!? Ambos foram extremamente importantes para que eu não me rendesse à exaustão e desalento.

Thiago, obrigada pelas constantes palavras de motivação, por acreditar que eu seria capaz - principalmente nos momentos em que eu não acreditava - pelo constante apoio nas análises estatísticas do “nosso” trabalho e por nunca desistir de mim!

Amábile, obrigada por ser “ar” quando me faltou suspiro, por ser lenço quando as lágrimas vieram, por ser luz quando a minha “quase apagou” ... Obrigada por ser “Amábile”!

Agradeço também à minha grande amiga irmã do trabalho e da vida, Letícia Moreira, por ser minha confidente diária, por ser alegria constante, por ser ombro amigo no trabalho nos dias difíceis, pela parceria dos treinos que “treinavam a mente mais que o corpo”, pelas gargalhadas proporcionadas pelo simples gesto de ser “você”!

À minha amiga e psicóloga Samira Moreira, por “romper alguns protocolos”, por ter a percepção, a sensibilidade, competência e ética em me aceitar como paciente.

À empresa Viasolo Engenharia Ambiental S.A. a qual me proporcionou a oportunidade deste estudo de caso e por me conceder dias de compensação de horas para que fosse possível estar presente nas aulas presenciais em Bambuí/MG. Agradeço também aos diretores Wânia, Alan e Domênico pelo apoio e oportunidade concedida em todos estes anos de trabalho na empresa! Ao gestor Mário Sérgio, pela parceria, amizade e por confiar e me apoiar profissionalmente!

Agradeço a Deus por tudo – absolutamente! Por todas as vitórias alcançadas, pelos amigos que colocou em meu caminho e por sempre estar comigo nesta longa e complexa caminhada.

*“Nossa maior fraqueza está em desistir. O caminho mais certo de vencer é tentar
mais uma vez”.*

(Thomas Edison)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapa do estado de Minas Gerais e município de Betim com a localização da Viasolo Engenharia Ambiental S/A.....	34
Figura 2 - Caminhão do tipo baú, responsável por coletar os RSS.....	36
Figura 3 - RSS dentro do caminhão do tipo baú aguardando para ser descarregado	36
Figura 4 - Gaiola onde são colocados os resíduos de serviços de saúde.....	37
Figura 5 - Indicador químico posicionados nas gaiolas.....	38
Figura 6 - Resultado visual do indicador químico.....	39
Figura 7 - Componentes do indicador biológico	39
Figura 8 - (a) Indicador biológico sendo embalado com papel kraft e (b) Indicador biológico sendo colocado na gaiola.....	40
Figura 9 - Incubadora auto-reader apresentando os resultados: insatisfatório (+) e satisfatório (-)	41
Figura 10 - Pacote teste de Bowie-Dick Plus 00135	42
Figura 11 - Fita com esporos da bactéria <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	43
Figura 12 - Quarteamento do resíduo antes e após o tratamento por autoclavação.....	44
Figura 13 - Autoclave da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A.....	45
Figura 14 - Colaborador colocando a gaiola com o resíduo dentro da autoclave	45
Figura 15 - Colaborador colocando a gaiola com o resíduo dentro da autoclave	46
Figura 16 - Caldeira de produção de vapor da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A	48
Figura 17 - Painel da autoclave para acompanhamento do ciclo de tratamento	49
Figura 18 - Torre de resfriamento e reservatório de água.....	50
Figura 19 - Ticket de tratamento da autoclave	51
Figura 20 - Estação de Tratamento de Efluente (ETE)	52
Figura 21 - Fluxograma de PRISMA com informações das diferentes etapas da revisão sistemática	63
Figura 22 - Fluxograma da geração da água residuária bruta até à ETE.....	89
Figura 23 - Torre de resfriamento e reservatório de efluente	90
Figura 24 - Tanques de detenção A, B e tanque C	91
Figura 25 - Sistema biológico, tanque de contato e filtro de carvão ativado	94
Figura 26 - Reservatório de água residuária tratada (RART).....	95

Figura 27 - Quantidade de RSS tratados (t) em relação ao consumo de água de abastecimento (m ³) e água residuária (m ³)	102
Figura 28 - Razão de retorno (vazão da água residuária / consumo de água autoclave)	103
Figura 29 - Carga específica (DBO ou DQO / quantidade de resíduos tratados)....	104
Figura 30 - Biodegradabilidade (DQO/DBO)	105
Figura 31 - Gráfico box-plot e quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente ao pH, nos anos de 2019 e 2020.	107
Figura 32 - Gráfico box-plot e quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à sólidos sedimentáveis, nos anos de 2019 e 2020.....	108
Figura 33 - Gráfico box-plot e quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à agentes tensoativos, nos anos de 2019 e 2020.....	116
Figura 34 - Gráfico box-plot e quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à óleos minerais, nos anos de 2019 e 2020	118
Figura 35 - Gráfico box-plot e quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à óleos vegetais, nos anos de 2019 e 2020	120
Figura 36 - Gráfico box-plot e quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à sólidos em suspensão, nos anos de 2019 e 2020.....	122
Figura 37 - Gráfico box-plot e quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à sólidos em suspensão, nos anos de 2019 e 2020.....	124
Figura 38 - Gráfico box-plot e quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à DBO, nos anos de 2019 e 2020	126
Figura 39 - Gráfico box-plot da eficiência de redução da ETE, referente à DBO, nos anos de 2019 e 2020.....	128

Figura 40 - Gráfico box-plot e quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à DQO, nos anos de 2019 e 2020	129
Figura 41 - Gráfico box-plot da eficiência de redução da ETE, referente à DBO, nos anos de 2019 e 2020.....	130
Figura 42 - Exemplificação do fluxo de tarefas utilizado para construção do POP .	144

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos resíduos de serviços de saúde conforme legislação vigente.....	32
Tabela 2 - Testes de eficiência de autoclavagem.....	37
Tabela 3 - Características da instalação quanto a vazões	46
Tabela 4 - Resumo das palavras-chave escolhidas	75
Tabela 5 - Tabela por assunto das Linhas de Estudo (LE)	76
Tabela 6 - Tabela resumo das pesquisas de trabalhos acadêmicos.....	62
Tabela 7 - Quadro com artigos resultantes da procura por artigos relacionados ao tema por meio da revisão sistemática	65
Tabela 8 - Classificação para o controle do grau de tratamento para o reúso	73
Tabela 9 - Modalidades para o controle da qualidade da água de reúso	74
Tabela 10 - Quadro-resumo do programa de monitoramento dos parâmetros de entrada e saída da ETE	96
Tabela 11 - Quadro demonstrativo dos limites de cada parâmetro conforme legislações vigentes para reúso e lançamento de efluente em corpo receptor	98
Tabela 12 - Quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente aos sólidos dissolvidos, no ano de 2020	110
Tabela 13 - Quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente ao cloro residual livre, no ano de 2020	111
Tabela 14 - Cenários para o cálculo da dosagem de cloro no sistema de desinfecção	112
Tabela 15 - Comparação dos cenários para o cálculo da dosagem de cloro no sistema de desinfecção	112
Tabela 16 - Quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à E.coli, no ano de 2020	113
Tabela 17 - Quadro-resumo dos testes estatísticos não paramétricos dos dados obtidos na entrada/saída da ETE, referente à turbidez, no ano de 2020	114

LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
AESBE	Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APHA	<i>American Public Health Association</i>
ARSAE	Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais
ASCAPEL	Associação de Catadores de Papel, Papelão de Materiais Reaproveitáveis
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior
CAPOOR	Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
CIT	Centro de Inovação e Tecnologia
cm	Centímetros
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DN	Deliberação Normativa
DP	Desvio Padrão
DQO	Demanda Química de Oxigênio
<i>E.coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
ENDs	Efluentes Líquidos Não Domésticos
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
<i>et al.</i>	<i>Et alia</i> = E outros

ETE	Estação de Tratamento de Efluentes
FIEMG	Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais
h	Hora
IB	Indicador Biológico
IB-c	Indicador Biológico-controle
IBD	Indicador Bowie-Dick
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFMG	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
IM	Indicador Microbiano
<i>In loco</i>	No local
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia
IQ	Indicador Químico
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IVL	Índice Volumétrico do Lodo
kg	Quilograma
kg/ciclo	Quilograma por ciclo
kg/dia	Quilograma por dia
kg/h	Quilograma por hora
kg/t	Quilograma por tonelada
kgf/cm ²	Quilograma-força por centímetro quadrado
km	Quilômetros
LAS	Licença Ambiental Simplificada
LE	Linha de Estudo
log	Logaritmo
m ³	Metro cúbico
m ³ /ciclo	Metros cúbicos por ciclo
m ³ /dia	Metros cúbicos por dia
m ³ /t	Metro cúbico por tonelada
MEC	Ministério da Educação
mg/L	Miligrama por litro
mL	Mililitro
ml/L	Mililitro por litro

NBR	Norma Brasileira de Representação
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PGR	Plano de Gerenciamento de Resíduos
PGRSS	Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos de Saúde
pH	Potencial Hidrogeniônico
PMB	Prefeitura Municipal de Betim
PRECEND	Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos
PRISMA	Principais Itens para Relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises
PRS	Panorama dos Resíduos
QM	Quantificação Microbiana
RAFA	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente
RAS	Relatório Ambiental Simplificado
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
RSS	Resíduos de Serviços de Saúde
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SIAM	Sistema Integrado de Informação Ambiental
SIT	Secretaria de Inspeção do Trabalho
SST	Sólidos Solúveis Totais
SST	Sólidos em Suspensão Totais
t.	Tonelada
t/ano	Tonelada por ano
TDH	Tempo médio de Detenção Hidráulica
TR	Teste de Relevância
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
UTRSS	Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde

LISTA DE SÍMBOLOS

<	Menor que
>	Maior que
=	Igual
%	Porcentagem
≤	Menor e/ou igual
≥	Maior e/ou igual
/	Tal que

SUMÁRIO

SUMÁRIO	19
1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO	22
2. INTRODUÇÃO GERAL	24
2.1 Caracterização do problema e hipóteses.....	27
2.2 Relevância e Justificativa.....	30
3. OBJETIVOS	31
3.1 Objetivo geral	31
3.2 Objetivos específicos	31
4. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO	32
4.1 Resíduos de serviços de saúde (RSS)	32
4.2 Apresentação da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A e sua tecnologia de autoclavação.....	33
4.3 Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (UTRSS).....	35
4.3.1 <i>Testes de eficiência operacional</i>	37
4.3.2 <i>Tratamento de resíduos sólidos de serviços de saúde por autoclavação</i>	45
CAPÍTULO I - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS SAÚDE E DA AUTOCLAVAÇÃO VISANDO O REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: Uma investigação por meio da Revisão Sistemática de Literatura	58
RESUMO.....	58
1. INTRODUÇÃO	60
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	71
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	61
3.1. Linha de Estudo 1 - Caracterização e segregação de resíduos de saúde ...	69
3.2. Linha de Estudo 2 - Tecnologias de tratamento de resíduos de saúde.....	70
3.3. Linha de Estudo 3 - Tratabilidade e reúso de águas residuárias	71
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
REFERÊNCIAS.....	78
CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DA AUTOCLAVAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE E DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA FINS DE REÚSO	78
RESUMO.....	83
1. INTRODUÇÃO	86
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	87

2.1.	Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)	88
2.1.1.	<i>Geração e resfriamento da água residuária após autoclavação</i>	88
2.1.2.	<i>Tratamento preliminar</i>	90
2.1.3.	<i>Reator anaeróbio</i>	91
2.1.4.	<i>Reator aeróbio</i>	92
2.1.5.	<i>Decantador secundário</i>	92
2.1.6.	<i>Tanque de contato</i>	93
2.1.7.	<i>Filtro de carvão ativado</i>	93
2.2.	Testes de eficiência da autoclavação realizados em 2019 e 2020	99
2.3.	Análise Estatística e Critérios Comparativos dos Dados	100
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	101
3.1.	Caracterização das águas residuárias bruta e tratada da ETE	102
3.2.	Tratabilidade da água residuária	103
3.3.	Análise estatística dos resultados	105
3.4.	Análise dos resultados de atendimento aos padrões de reúso de água residuária	106
3.4.1.	<i>Potencial Hidrogênio (pH)</i>	106
3.4.2.	<i>Sólidos sedimentáveis</i>	107
3.4.3.	<i>Sólidos dissolvidos</i>	109
3.4.4.	<i>Cloro residual livre</i>	110
3.4.5.	<i>Escherichia coli</i>	113
3.4.6.	<i>Turbidez</i>	114
3.5.	Análise dos resultados para fins de lançamento da água residuária ..	115
3.5.1.	<i>Agentes tensoativos</i>	115
3.5.2.	<i>Óleos e graxas (minerais e vegetais)</i>	117
3.5.3.	<i>Sólidos em suspensão</i>	121
3.5.4.	<i>Temperatura</i>	123
3.5.5.	<i>Parâmetros indicadores de matéria orgânica</i>	125

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	131
REFERÊNCIAS.....	133
CAPÍTULO III - AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DA AUTOCLAVAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE E DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA FINS DE REÚSO	139
RESUMO.....	139
1. INTRODUÇÃO	141
2. DESENVOLVIMENTO.....	142
2.1. Procedimento operacional padrão para reúso da Água Residuária Tratada (ART)	145
REFERÊNCIAS.....	159
CONCLUSÃO GERAL.....	161
ANEXO A - Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos (PRECEND)	162
APÊNDICE A - Declaração de apoio da Viasolo Engenharia Ambiental (2017).....	164
APÊNDICE B - Declaração de apoio da Viasolo Engenharia Ambiental (2021).....	165
APÊNDICE C – Resultados dos testes realizados, ciclos e RSS tratados em 2019 e 2020	166
APÊNDICE D - Resultados laboratoriais das análises de inativação microbiana durante o ano de 2019	167
APÊNDICE E - Resultados laboratoriais das análises de inativação microbiana durante o ano de 2020	168
APÊNDICE F - Resultados laboratoriais das análises de quantificação microbiana durante o ano de 2019 e 2020.....	169

1. APRESENTAÇÃO DO TRABALHO

A fim de obter o título de Mestra em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental por meio do programa de Pós-graduação em Sustentabilidade de Tecnologia Ambiental, é apresentado este estudo como atendimento a um dos requisitos básicos exigidos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), *campus* Bambuí.

O estudo está distribuído por capítulos, inicialmente, apresentando a Introdução Geral que explana sobre um crescimento progressivo na geração de resíduos provenientes de uma exploração intensificada dos recursos naturais, utilizados como fonte em operações que necessitam de água para tratar certos tipos de resíduos, como por exemplo, os de serviços de saúde.

Buscando obter um processo sustentável que, como consequência, poderá promover também a redução de custo no consumo de água da empresa, será apresentado também na Introdução Geral, a Relevância, a Justificativa, e a Caracterização do Problema e Hipóteses, alinhando-os à elaboração do Objetivo Geral e Específicos.

A Caracterização do Objeto de Estudo aborda brevemente características do município de Betim-MG; local onde está implantada a empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A., parte fundamental para o desenvolvimento deste estudo. Deste modo, ao descrever sobre a empresa, o processo de tratamento por autoclavação é relatado detalhadamente, incluindo procedimentos internos, as etapas da operação, testes de eficiência, entre outros.

Importante ressaltar que a temática em dividir o trabalho em capítulos vem com o intuito de atender cada um dos objetivos específicos.

O Capítulo I apresentado como: “caracterização dos resíduos de serviços de saúde e da autoclavação visando o reúso de águas residuárias: uma investigação por meio da revisão sistemática da literatura”, busca encontrar artigos científicos que contribuam nos conteúdos em apreciação, seguindo os objetivos específicos propostos. Esta revisão sistemática constituirá um produto acadêmico, na forma de um artigo científico submetido à Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais.

O Capítulo II intitulado “avaliação da eficiência operacional da autoclavação dos resíduos de serviços de saúde e da estação de tratamento de efluentes para promover o reúso e o atendimento aos padrões de lançamento” é demonstrado como estudo de

caso da empresa Viasolo Engenharia Ambiental, especificamente na Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde (UTRSS). O propósito deste capítulo é realizar a caracterização quali-quantitativa das águas de abastecimento e residuárias provenientes da autoclavação destes RSS bem como verificar eficácia de tratamento da ETE, por meio da comparação dos resultados de análises da entrada (efluente bruto) e saída (efluente tratado), a fim de que os padrões de qualidade necessários para usos menos nobres ou fins não potáveis, sejam atendidos.

O capítulo III é representado pelo produto técnico – “Procedimento Operacional Padrão (POP): orientação para o reúso da água residuária tratada”, o qual será desenvolvido e entregue em atendendo a prerrogativa da Portaria Normativa MEC no 17/2009, Art. 4º são objetivos do mestrado profissional [...] transferir conhecimento para a sociedade, atendendo demandas específicas e de arranjos produtivos com vistas ao desenvolvimento nacional, regional ou local [...] e Art. 7º, inciso 3º, o trabalho de conclusão de curso poderá ser apresentado de diferentes formas tais como [...] materiais didáticos e instrucionais e de produtos, processos e técnicas [...] (BRASIL, 2009).

Ao final, a conclusão geral trará uma consistente apropriação do estudo abordado, de acordo com as hipóteses de pesquisa, e fará menção a novos estudos que sirvam de embasamento científico para complementar a carência de dados atuais que envolvam o reúso de efluente proveniente da autoclavação de resíduos de serviço de saúde.

2. INTRODUÇÃO GERAL

A crescente demanda por recursos naturais e espaço físico é observada principalmente em cidades que, muitas vezes, são ocupadas de maneira desordenada e sem planejamento efetivo, identificando uma cultura na qual se criou a imagem de abundância de recursos, acarretando impactos ambientais e mudanças na paisagem natural (ALMEIDA *et al.*, 2010; DA SILVA, 2016). Essa cultura redirecionou a humanidade a buscar por um modelo que privilegia o desenvolvimento menos sustentável, que busca o lucro a qualquer custo e, conseqüentemente, que utiliza os recursos naturais de forma predatória (JOLY *et al.*, 2020).

Os recursos hídricos, por exemplo, estão entre os que mais sofrem riscos ligados à deterioração da qualidade ambiental de bacias hidrográficas brasileiras (ALMEIDA *et al.*, 2010). Diversas atividades humanas incidem no ecossistema, quer pelo lado da extração de recursos (caso em que a natureza funciona como fonte), quer pelo lançamento de dejetos sob a forma de matéria ou energia degradada (caso em que atua como disposição final¹) (CAVALCANTI, 2004). Neste último caso, a quantidade de resíduos gerados é alta e retrata a intensidade com que os recursos naturais são retirados da natureza sem reposição. Estes resíduos, possuem componentes de difícil degradação e maior toxicidade, os quais comprometem e extrapolam a capacidade de absorção e de retorno para a natureza (MORIGUCHI, 1999; BRASIL, 2006; STRAUCH, 2008), ficando evidente que o crescimento tecnológico bem como a intervenção humana precisam respeitar limites.

A partir do século XXI as administrações públicas passaram a assumir novos discursos e posturas voltadas à qualidade de vida da população, quando se tratava de assuntos relacionados ao tratamento de resíduos (STRAUCH, 2008). Como exemplo, o Panorama dos Resíduos Sólidos (PRS) no Brasil, foi um documento criado em 2003, pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), que sustentou novas práticas comportamentais. Trata-se de um relatório anual que apresenta dados em âmbito nacional e regional consolidados, voltados para a gestão de resíduos sólidos no país. O Panorama apresenta ainda,

1 Disposição final: neste caso, refere-se ao descarte de resíduos diretamente no ambiente sem nenhuma prática antecipada de destinação, como: reutilização, reciclagem, recuperação, etc.

como um dos principais temas, informações sobre a geração, tratamento e destinação final dos Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) (ABRELPE, 2020).

No ano de 2019, mais de 252 mil toneladas de RSS foram coletadas, tratadas e direcionadas para disposição final, representando 1,213 kg/habitante ao ano. Destes, cerca de 36%, ou seja, 90,72 toneladas, foram dispostos em locais inadequados como lixões ou aterros controlados. Ambos os locais de destinação final não possuem sistemas e/ou medidas de controle necessários para proteger a saúde humana e o meio ambiente contra possíveis danos (ABRELPE, 2020).

Os RSS devem ser tratados antes da disposição final por serem classificados como resíduos perigosos, ou seja, resíduos que, por suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade, carcinogenicidade, teratogenicidade e mutagenicidade, podem levar algum tipo de perigo à saúde da população e ao meio ambiente (BRASIL, 2010).

Atualmente, no Brasil, existem vários tipos de tecnologias disponíveis no mercado para realização do tratamento dos RSS antes da sua disposição final como incineração, pirólise, autoclavação, micro-ondas, radiação ionizante, desativação eletrotérmica e tratamento químico, sendo que, as principais são: autoclavação, incineração e micro-ondas. Dessas, 40,2 % dos municípios optam pela tecnologia de incineração; 18,5 % pelo processo de autoclavação; 5,1 % micro-ondas e 36,2 % realizam a destinação incorreta para as valas sépticas e lixões (ABRELPE, 2020).

A autoclavação, foco desta pesquisa, é entendida como o processo que mantém o resíduo em contato com o vapor de água, com temperatura que pode chegar até 150°C de acordo com a pressão de trabalho, por um tempo de aproximadamente 40 minutos. A ação combinada da pressão e temperatura, ocasiona a destruição dos agentes patogênicos por termocoagulação das proteínas citoplasmáticas (GALVÃO *et al.*, 2013). Após o tratamento, os resíduos tratados podem ser destinados de forma conjunta com os RSU por não apresentarem periculosidade.

Já a incineração é um processo que consiste na destruição térmica dos resíduos, com temperatura que ultrapassa 900°C. Neste sistema de tratamento, a combustão acontece de maneira controlada, acarretando a redução do volume, do peso e na eliminação das características de periculosidade do RSS. Contudo, é considerada uma tecnologia mais poluente por produzir substâncias tóxicas como gases, partículas, metais pesados e compostos orgânicos como dioxinas e furanos.

Esses compostos são liberados na atmosfera podendo interferir diretamente na saúde da população residente próxima ao local. Estudos apontam que a inalação do ar contaminado por estes compostos eleva o risco de alguns tipos de câncer (GOUVEIA, 2012).

Porém, nota-se que, mesmo a tecnologia de incineração representando a maior quantidade no mercado, segundo Salkin (2003) e Galvão *et al.*, (2013), quando se fala em tratamentos em grande escala, observa-se que a indústria privada demonstra uma preferência pelo uso da autoclavação, baseada na confiabilidade, eficiência e segurança apresentada.

Monteiro *et al.*, (2001) citam que alguns processos industriais para tratamento térmico dos RSS, são um bom exemplo de sistemas que necessitam da utilização de água para a eficiência da sua operação. Como exemplo, em Minas Gerais, mais de 10 (dez) estabelecimentos² realizam a esterilização dos resíduos de saúde através de autoclaves, podendo direcionar os efluentes gerados no tratamento para terceiros, por não disporem de um sistema próprio. Estes efluentes devem ser direcionados para uma estação de tratamento antes de serem dispostos em rede coletora (DA SILVA, 2019).

Logo, a opção por terceirizar o tratamento deste efluente, muitas vezes é visto de forma menos dispendiosa quanto a: questões financeiras, demanda de pessoal e espaço físico. Ao optar pelo tratamento do efluente *in loco*, torna-se necessário o investimento na caracterização deste, para que, posteriormente, seja instalada a estação de tratamento que supra a necessidade apresentada por cada estabelecimento. Nesse caso, o estabelecimento também ganha a possibilidade de resgate de um recurso natural por meio do reúso da água residuária tratada, o que tornaria o próprio sistema mais sustentável.

Fiori (2006) afirma que um bom planejamento para o reúso da água já é considerado por vários países do mundo como uma solução sustentável e de sucesso em diversos processos que necessitam dos recursos hídricos em suas operações.

Nesse sentido, a tecnologia de autoclavação pode ser considerada uma opção relevante, não somente para o tratamento dos RSS, mas também, conforme Moraes

² Dados baseados no Sistema Integrado de Informação Ambiental (Siam), o qual é o responsável pelo acompanhamento dos processos que se encontram em licenciamento inicial ou de renovação. No ano de 2020, aproximadamente 10 (dez) estabelecimentos estão em processo de licenciamento (SIAM, 2020).

et al., (2019), como contribuição econômica para a empresa que, por meio do reúso da água residuária tratada, promoverá a redução no consumo de água de abastecimento. Além disso, caso os resultados para a prática de reúso da água para fins menos nobres apresentem restrições, é possível reavaliar e propor adaptações na própria estação de tratamento.

Nessa perspectiva, a Resolução nº 54 de 2005 elaborada pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, descreve cinco modalidades para a prática de reúso direto não potável, mas não estabelece critérios ou parâmetros para o controle deste reúso; fazendo menção ao órgão competente local, ser o detentor desta responsabilidade (BRASIL, 2005).

Da mesma maneira, a Norma Técnica Brasileira, NBR 13.969 de 1997 (ABNT, 1997), menciona que, para lançamento da água de reúso em corpo receptor, deve-se atender a legislações federal, estadual ou municipal.

Como ambas as legislações acima descritas, mencionam que, para o lançamento em corpo receptor ou reúso da água tratada deve-se considerar a legislação local, é apresentado também nesta Introdução Geral, a Norma Técnica T.187/6 (COPASA-MG, 2018), elaborada por meio do Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos (PRECEND) da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA-MG).

A T.187/6 (COPASA-MG, 2018) estabelece critérios e apresenta parâmetros para lançamento de efluentes líquidos não domésticos (ENDs) no sistema de esgotamento sanitário da própria COPASA e o PRECEND (Anexo A) é responsável por regulamentar o recebimento de efluentes que não sejam domésticos, na rede coletora de esgotos, conforme determinação da Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais.

2.1 Caracterização do problema e hipóteses

De acordo com o sítio eletrônico da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), por meio do Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) (SEMAD, 2020), em Minas Gerais, existem pelo menos 10 estabelecimentos que se encontram em processo de renovação e/ou obtenção de licença de operação para tratamento de RSS usando a tecnologia de autoclavagem; e

outras empresas que já possuem licença vigente no momento, como é o caso da Viasolo. Os estabelecimentos que optam por tratar os resíduos de serviços de saúde com autoclave, devem também considerar como parte do seu processo, a aquisição de uma caldeira³ para que a esterilização a vapor seja eficaz. Como consequência, ao final deste processo é gerado um efluente o qual deve ser tratado antes do seu descarte final (MINAS GERAIS, 2008; BRASIL, 2011).

Mesmo no Brasil não havendo legislação específica para reúso de efluentes provenientes do tratamento de RSS por autoclavação, também não há legislação que restrinja o seu uso. Considerou-se, portanto, para desenvolvimento deste estudo, algumas normas já existentes que descrevem e normatizam o reúso de água não potável e lançamento de efluente em corpo receptor.

A Resolução CONAMA nº 430/2011⁴ do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por exemplo, dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água, estabelecendo critérios e parâmetros específicos que devem ser obedecidos antes do seu descarte. Nesta legislação, a eficiência mínima de remoção para a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), para qualquer fonte poluidora, é de 60%, podendo ser reduzido, caso seja comprovado a autodepuração do corpo hídrico que estiver recebendo o efluente.

No entanto, muitos estados e municípios podem apresentar suas próprias normas, podendo ser ainda mais limitativos em relação à legislação federal. Esse é o caso do estado de Minas Gerais, que possui a DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008). Essa legislação dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluente, sobre a classificação dos corpos d'água e estabelece diretrizes ambientais para o seu enquadramento.

A DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008) menciona também que os efluentes provenientes de qualquer fonte poluidora podem ser lançados, direta ou indiretamente, nos corpos de água desde que obedeçam aos limites estabelecidos. Inclusive, para lançamento no corpo receptor, a concentração máxima permitida para DBO é de 60 mg/L, sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado se a eficiência mínima de remoção para o mesmo parâmetro for de 60% e a média anual igual ou superior a 70% para sistemas de esgotos sanitários e de percolados de

3 Caldeira é um equipamento destinado a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica. Este vapor é direcionado para a autoclave realizar o tratamento de esterilização.

4 A Resolução CONAMA nº 430/2011 altera e complementa a Resolução nº357/2005.

aterros sanitários municipais. Para os demais sistemas, a eficiência de redução deve ser no mínimo 75% e a média anual deve apresentar valor igual ou superior a 85%, ou seja, a legislação do estado de Minas Gerais é mais restritiva quando comparada à legislação nacional.

Como opção de reúso da água residuária, seguindo o pressuposto da ausência de parâmetros na Resolução CNRH 54/2005 (BRASIL, 2005), a Norma Técnica Brasileira, NBR 13.969 de 1997 (ABNT, 1997), estabelece que o efluente deve primeiro, ser classificado de acordo com sua qualidade, sendo:

Classe a: na represa destinada ao abastecimento público, ou nos rios formadores da represa até 10 km a montante dela, independente da distância do ponto de captação e do volume de reservação da represa;

Classe b: nos corpos receptores com captação a jusante para abastecimento público;

Classe c: nas águas litorâneas, praias e nos rios que deságuam nas praias frequentadas pelas pessoas para recreação;

Classe d: nos demais corpos receptores.

Posteriormente, considera-se necessário definir qual a finalidade do reúso, para que, em um terceiro momento, seja estabelecido qual tecnologia de tratamento que melhor se enquadra para atingir seu objetivo (FIORI, 2006; METCALF *et al.*, 2015).

Conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 13.969 de 1997, os parâmetros que classificam o grau de tratamento necessário dependendo da intenção do reúso, são:

Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 mL; sólidos dissolvidos totais, inferior a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.

Classe 2: lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes: turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 mL, cloro residual superior a 0,5 mg/L.

Classe 3: reúso nas descargas dos vasos sanitários: turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 mL. Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração.

Classe 4: reúso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual. Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 mL e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L.

Outra fonte que também cita parâmetros e limites específicos para a atividade de reúso é o Guia Orientativo das Normas de Conservação de Água, Fontes Alternativas Não Potáveis e Aproveitamento de Água de Chuva em Edificações, elaborado em 2019 pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2019).

O guia supracitado tem como objetivo auxiliar profissionais das áreas de saneamento e construção civil (seja ela de uso residencial, comercial ou público) na estruturação de projetos que envolva utilizar água menos nobre para fins menos nobres, durante as atividades desenvolvidas.

Destaca-se que, nenhuma das legislações brasileiras acima descritas, profere qualquer referência específica sobre o reúso ou lançamento de efluente oriundo de autoclave que realiza o tratamento de resíduos de serviços de saúde, bem como de sistemas de tratamento de águas residuárias destes mesmos resíduos.

Dessa forma, pretende-se elucidar a seguinte questão (Q):

- Q: De que forma, é viável reutilizar a água residuária tratada proveniente da autoclavação de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS)?

Contudo, em resposta ao problema apontado, apresenta-se a seguinte Hipótese (H):

- H1: A água tratada proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) pode ser utilizada para fins menos nobres ou não potáveis, tornando o processo de autoclavação sustentável e promovendo a redução de custo no consumo de água de abastecimento industrial.

2.2 Relevância e Justificativa

De acordo com o site da Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sólidos de Betim, a geração de RSS vem crescendo cerca de 1% ao ano (PMB, 2010), e é sabido que, para este tipo de resíduo, é obrigatório o tratamento antes da destinação final (ANVISA, 2018).

Com base em na Revisão Sistemática da Literatura, que será apresentada no Capítulo 1 deste estudo, a carência na segregação correta dos RSS na fonte geradora bem como a característica dos resíduos originados em variados estabelecimentos de saúde, podem interferir e comprometer a eficiência da autoclavação e o meio ambiente.

Este trabalho é justificado pela carência na segregação correta dos RSS na fonte geradora bem como a característica dos resíduos originados em variados estabelecimentos de saúde, podendo esses, interferir e comprometer a eficiência da

autoclavação e o meio ambiente. Esses pontos se serão devidamente detalhados no capítulo 1 desta monografia.

Entende-se que o presente estudo poderá ser uma referência para que operações que envolvam a tecnologia de autoclavação se tornem sustentáveis e econômicas, avaliando a possibilidade de tratamento da água residuária dentro do próprio estabelecimento, com vistas ao reúso em atividades menos nobres.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Avaliar a tratabilidade da água residuária proveniente da autoclavação de resíduos sólidos de serviços de saúde para reúso em fins menos nobres ou não potáveis.

3.2 Objetivos específicos

Com a finalidade de atender o objetivo geral apresentado, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- 3.2.1.** Investigar, por meio de uma revisão sistemática, a caracterização dos resíduos de serviços de saúde e da autoclavação, visando o reúso de águas residuárias;
- 3.2.2.** Avaliar a eficiência operacional da autoclavação dos resíduos de serviços de saúde (RSS) e da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), com intuito de promover o reúso da água residuária tratada para fins não potáveis;
- 3.2.3.** Elaborar um produto técnico – Produto Técnico Operacional (POP): orientação para reúso da água residuária tratada

4. CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

4.1 Resíduos de serviços de saúde (RSS)

No Brasil, a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução da Diretoria Colegiada - RDC ANVISA nº 222/2018 (BRASIL, 2018), bem como o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução nº 358/2005 (BRASIL, 2005), regulamenta, classifica e dispõe sobre o tratamento e disposição final dos RSS. Esta classificação se dá de acordo com sua periculosidade, conforme demonstrado na Tabela 1.

TABELA 1 - CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE CONFORME LEGISLAÇÃO VIGENTE

Classificação	Periculosidade
Grupo A (Subdividido em A1, A2, A3, A4 e A5)	Biológico
Grupo B	Químico
Grupo C	Radiológico
Grupo D	Comuns (inclusive os recicláveis)
Grupo E	Perfurocortante

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

Nos Estados Unidos da América, a Agência de Proteção Ambiental (Environmental Protection Agency - EPA), encarregada de proteger a saúde humana e o meio ambiente, considera resíduos perigosos todos aqueles provenientes dos serviços de saúde, originados por diagnósticos, tratamento ou prática de imunização humana ou animal (USEPA, 2020).

Os RSS, mesmo originando de um mesmo setor (saúde), podem apresentar diferentes características por advirem de estabelecimentos distintos, ou seja, os resíduos podem apresentar uma maior complexidade de acordo com sua instituição geradora (WOLFF, 2018). Contudo, torna-se necessária a realização de um estudo de caracterização dos RSS a fim de se obter dados mais concretos quanto à sua composição (NAIME *et al.*, 2004).

Considerando a periculosidade que cada tipo de RSS apresenta, é importante que os estabelecimentos geradores desses resíduos realizem seu gerenciamento de acordo com as legislações vigentes, evitando assim, possíveis impactos negativos à

saúde e ao meio ambiente. O gerenciamento deve ser considerado desde a geração de RSS até a sua destinação final.

4.2 Apresentação da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A e sua tecnologia de autoclavação

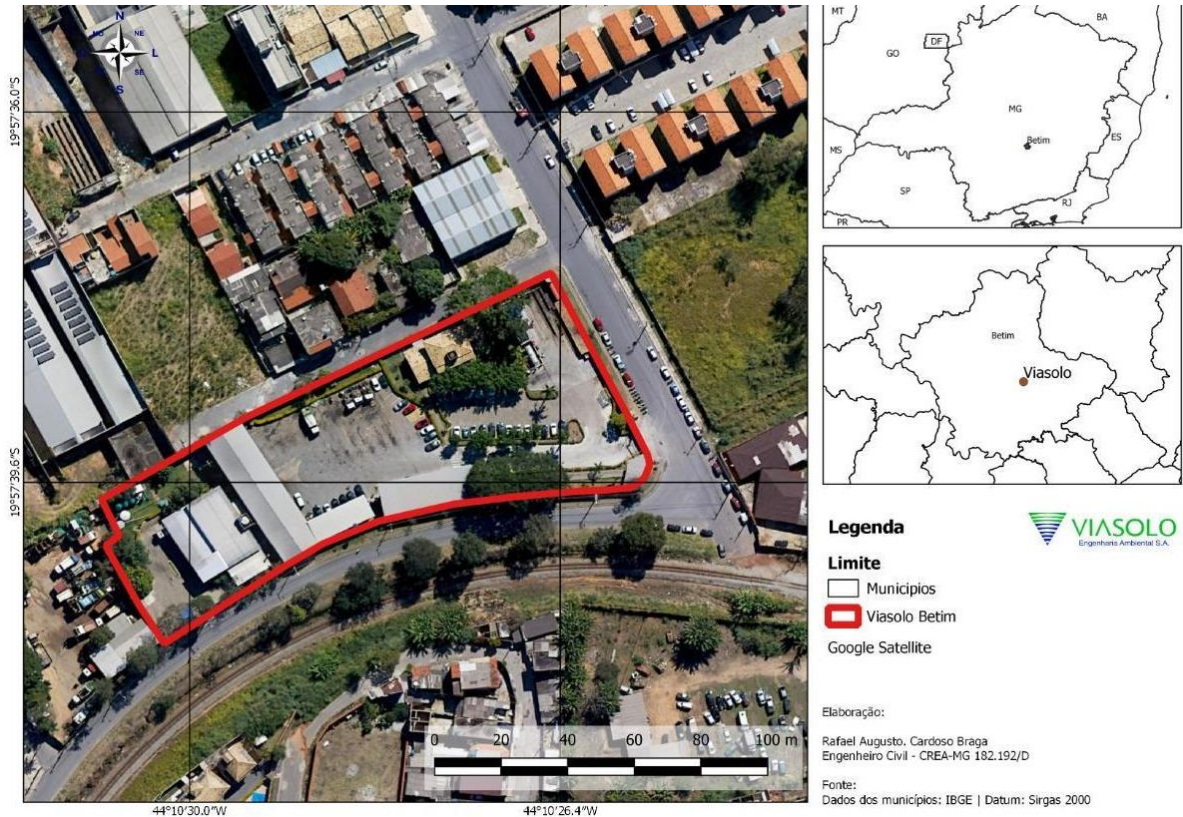
No ano de 2000, a Viasolo Engenharia Ambiental S.A. por meio de contrato junto a prefeitura municipal de Betim iniciou a prestação de diversos serviços, sendo um deles a coleta, o tratamento e a destinação final dos resíduos de serviços de Saúde (RSS). A partir deste momento, foi estruturada a Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (UTRSS), que opera até a atual data. Presentemente, a Viasolo possui contrato com, aproximadamente, 20 clientes, públicos e privados.

A fim de oferecer soluções técnicas, de qualidade, e embasadas em princípios éticos, a Viasolo tem como compromisso ser uma empresa referência na gestão de resíduos, buscando sempre atuar com excelência e promovendo um crescimento sustentável. Além disso, possui como Missão e Valores os seguintes critérios: Inovação, Integridade, Responsabilidade Socioambiental, Operar Seguro, Equipe, Excelência e Dinamismo, Parceria. (VIASOLO, 2020). Este compromisso também é evidenciado por meio das declarações de apoio demonstradas nos Apêndices A e B.

Com vistas a garantir o compromisso firmado, a Viasolo é certificada nas normas ISO 9001:2015 (Qualidade), ISO 37001:2016 (Sistemas de Gestão Antissuborno) e ISO 45001:2018 (Sistema de Gestão de Segurança e Saúde Ocupacional), as quais servem como base técnica para desenvolver os atuais procedimentos e Políticas Internas.

Conforme figura 1, a Viasolo está localizada no município de Betim, região metropolitana de Belo Horizonte - MG. No último censo, ocorrido em 2010, Betim foi considerada a quinta cidade com a maior população do estado, apresentando mais de 378 mil habitantes. Em 2020, estima-se que este número tenha subido para mais de 440 mil habitantes (IBGE, 2020).

FIGURA 1 – MAPA DO ESTADO DE MINAS GERAIS E MUNICÍPIO DE BETIM COM A LOCALIZAÇÃO DA VIASOLO ENGENHARIA AMBIENTAL S/A



Fonte: BRAGA, Rafael Augusto, 2020.

Em 2019, o município de Betim gerou em torno de 81 mil t/ano de resíduos sólidos urbanos (RSU) e aproximadamente 527t/ano de resíduos de serviços de saúde. Tanto o RSU quanto o RSS gerado no município de Betim, são coletados, transportados, tratados e destinados pela Viasolo.

Os RSU classificados como resíduos secos, são destinados para a Associação de Catadores de Papel, Papelão de Materiais Reaproveitáveis (ASCAPEL) e os resíduos úmidos são destinados para o aterro sanitário.

Os RSS são destinados diretamente para a Unidade de tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (UTRSS) da Viasolo, onde são tratados por autoclavação e, posteriormente, destinados para o aterro sanitário, onde serão dispostos no mesmo local que os resíduos sólidos urbanos (RSU).

Os 10 (dez) colaboradores responsáveis por executar a coleta/transporte dos RSS bem como os operadores de autoclave, são capacitados e treinados periodicamente, com temas que envolvem:

- NR 5 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho - SIT Nº 787 DE 28.11.2018 (SIT, 2018);
- NR 6 Equipamentos de Proteção Individual (EPI), Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho - SIT Nº 427 de 27.05.2014 (SIT, 2014);
- NR 12 Máquinas e Equipamentos, Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho - SIT Nº 233 de 2011 (SIT, 2011);
- CAPOOR - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento, Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho - SIT Nº 594 de 28.04.2014 (SIT, 2014); entre outras.

4.3 Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (UTRSS)

De acordo com Zhao *et al.*, (2009), autoclaves são equipamentos que originalmente foram desenvolvidos para a esterilização de materiais cirúrgicos e de laboratório. Contudo, esta tecnologia vem sendo utilizada também para o tratamento de resíduos de serviços de saúde.

A Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (UTRSS) da Viasolo, trata diariamente cerca de 7 a 10 toneladas de RSS provenientes de estabelecimentos públicos e privados de vários municípios. Atualmente a Unidade opera com 2 turnos de trabalho sendo eles: 1º turno: 07h as 15h20 (02 colaboradores); Turno intermediário: 10h as 18h (01 colaborador apoio) e 2º turno: 13h40 as 22h (02 colaboradores).

Os colaboradores do 1º turno de trabalho, ao chegarem na empresa, realizam manutenções preventivas na autoclave, compressor e caldeira, cumprindo os requisitos estabelecidos pela Viasolo.

O recebimento dos RSS inicia-se quando os caminhões do tipo baú (Figura 2) chegam na UTRSS e se posicionam em frente à sala de resíduos infectantes para iniciar o descarregamento dos resíduos coletados no dia (Figura 3).

FIGURA 2 - CAMINHÃO DO TIPO BAÚ, RESPONSÁVEL POR COLETAR OS RSS



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

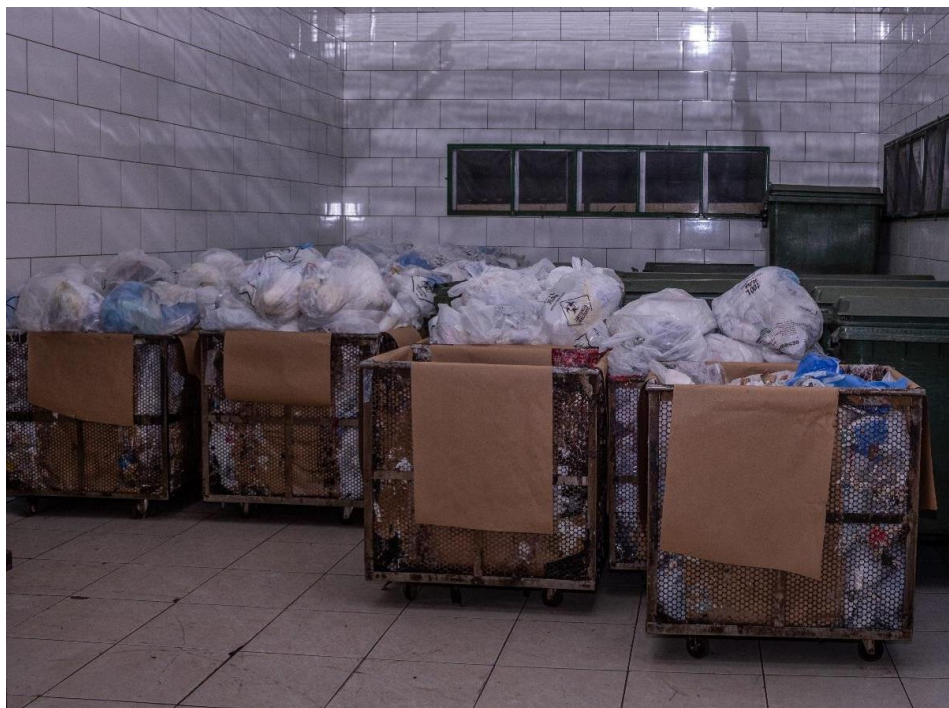
FIGURA 3 - RSS DENTRO DO CAMINHÃO DO TIPO BAÚ AGUARDANDO PARA SER DESCARREGADO



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

O RSS é retirado dos caminhões e colocados em “gaiolas” que possuem, em média, a capacidade de 90 kg/gaiola (Figura 4). Essas são revestidas com papel kraft para evitar que as sacolas fiquem grudadas nas paredes após o ciclo de tratamento.

FIGURA 4 - GAIOLA ONDE SÃO COLOCADOS OS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

4.3.1 Testes de eficiência operacional

Para se comprovar a eficiência operacional das autoclaves, a Viasolo realiza cinco testes, sendo que, três deles são avaliados na própria empresa pelos colaboradores operacionais e os outros 02 testes são avaliados externamente por laboratório contratado, conforme demonstrado na Tabela 2.

TABELA 2 - TESTES DE EFICIÊNCIA DE AUTOCLAVAÇÃO

Indicadores	Marca/modelo	Local de avaliação do teste
Químico	3M Comply 1250	Viasolo
Biológico	3M Attest 1292;	Viasolo
Bowie-Dick	3M Plus 00135	Viasolo
Inativação microbiana	-	Laboratório contratado
Quantificação da carga microbiana	-	Laboratório contratado

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

Após abastecer as 7 (sete) gaiolas com os RSS, o colaborador faz a inclusão dos indicadores químico (IQ) e indicador biológico (IB).

Conforme manual do fabricante 3M, o IQ consiste em tiras de papel com uma tarja impressa, composta por substância química que muda da cor bege para marrom escuro ou preto, quando exposta ao processo de esterilização a vapor. O indicador possui medidas de 1,5 cm de largura por 20 cm de comprimento.

Cada autoclave comporta sete gaiolas em seu interior, onde quatro dessas recebem o IQ, sendo posicionados em diferentes alturas, conforme Figura 5.

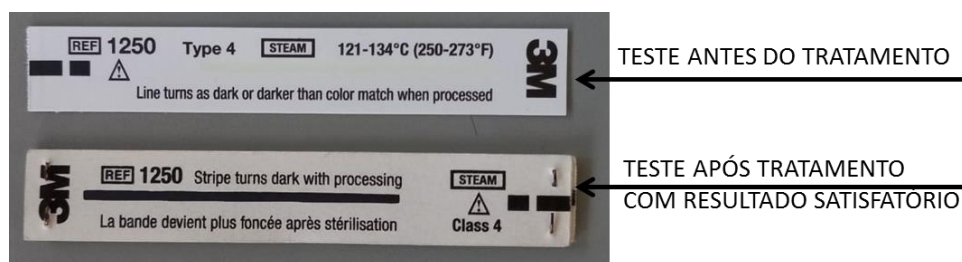
FIGURA 5 - INDICADOR QUÍMICO POSICIONADOS NAS GAIOLAS



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

Esse indicador avalia a uniformidade do vapor na autoclave, ou seja, ele monitora o acesso do vapor nas regiões que podem apresentar maior dificuldade de penetração. O resultado é visual, sendo realizado assim que o processo de tratamento encerra, com o colaborador retirando a tira de papel da gaiola. O resultado é satisfatório quando a tarja amarela fica totalmente colorida de marrom-escuro a preto (Figura 6), assegurando que os RSS estiveram expostos ao vapor durante as condições mínimas de temperatura e tempo.

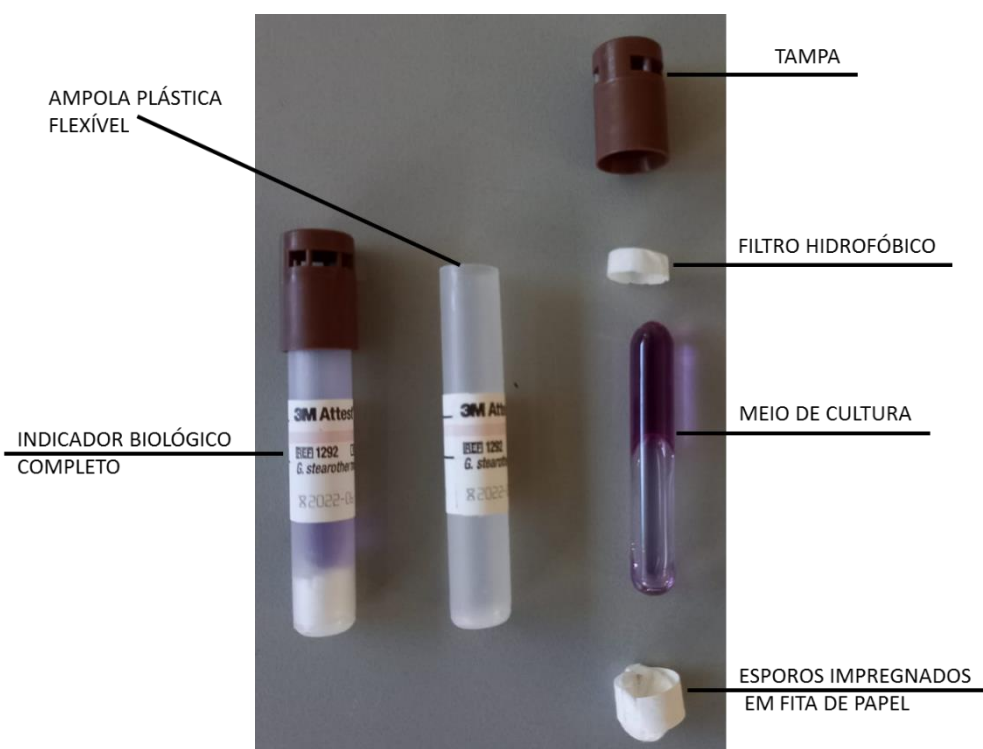
FIGURA 6 - RESULTADO VISUAL DO INDICADOR QUÍMICO



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

Já o IB, conforme demonstrado na Figura 7, consiste em um frasco de plástico flexível contendo em seu interior uma ampola de vidro com um meio de cultura e uma fita de papel impregnada com esporos bacterianos da população de *Geobacillus stearotherophilus*, conhecidas pela resistência ao calor.

FIGURA 7 - COMPONENTES DO INDICADOR BIOLÓGICO



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

O IB é envolto por um pedaço de papel kraft e posicionado na lateral da gaiola (Figura 8 – (a) e (b)). Como a autoclave comporta 7 gaiolas, a escolha de qual delas será posicionado o IB é definida pela região considerada mais vulnerável da autoclave, ou seja, próximo à porta.

Durante o ciclo, é necessário utilizar apenas um IB para avaliar se houve inativação microbiana dos esporos, após o tratamento.

FIGURA 8 - (A) INDICADOR BIOLÓGICO SENDO EMBALADO COM PAPEL KRAFT E (B) INDICADOR BIOLÓGICO SENDO COLOCADO NA GAIOLA



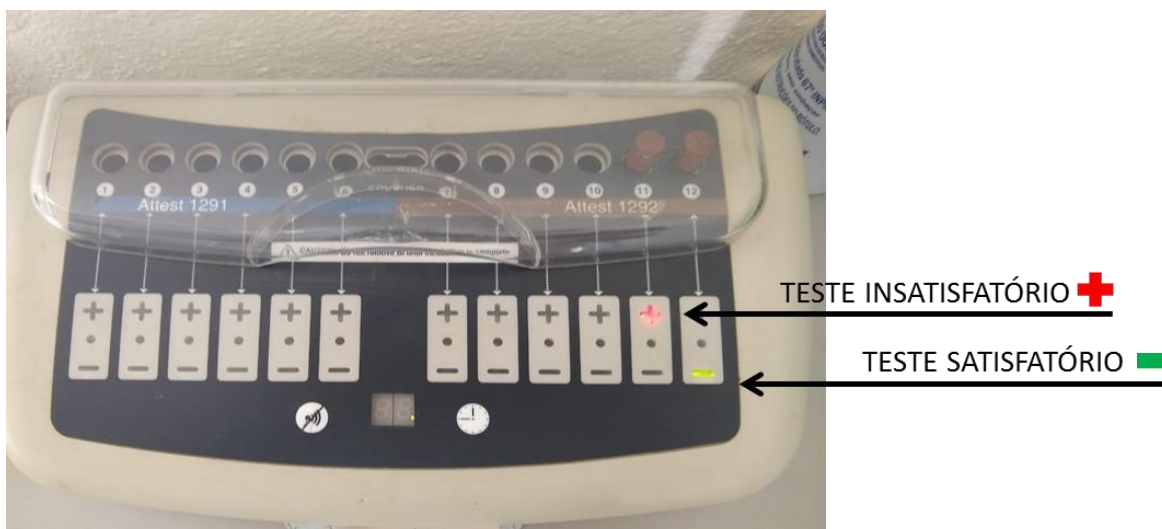
Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

Ao final do ciclo de tratamento, o indicador é retirado da autoclave e colocado em espera por 10 minutos, até o seu resfriamento. Após este tempo, é necessário posicionar a ampola na incubadora auto-reader (Figura 9) e quebrar o frasco de vidro para que o líquido (meio de cultura) entre em contato com o disco de esporos bacterianos. Em seguida, o IB é colocado na incubadora para aguardar o resultado que será sinalizado em até 3 horas.

Neste momento também é incubado um novo indicador biológico, denominado por Indicador Biológico-controle (IB-c). Este não terá passado por nenhum tipo de tratamento e servirá apenas para avaliar a leitura da incubadora, ou seja, espera-se que o IB apresente resultado negativo e o IB-c, obrigatoriamente, resultado positivo.

O resultado é positivo, ou seja, insatisfatório, quando a incubadora acende a luz vermelha no símbolo de somar (+), indicando que houve crescimento bacteriano dentro da ampola. Caso a luz verde acenda no símbolo subtrair (-), indica resultado satisfatório, ou seja, não houve crescimento bacteriano dentro da ampola (Figura 9). Neste momento, a carga de resíduos autoclavados já pode ser destinada ao aterro sanitário e ser disposta juntamente com os RSUs.

FIGURA 9 - INCUBADORA AUTO-READER APRESENTANDO OS RESULTADOS: INSATISFATÓRIO (+) E SATISFATÓRIO (-)



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

Um terceiro indicador, o Pacote teste de *Bowie-Dick (IBD)* (Figura 10) é utilizado na autoclave para testar a eficiência da etapa do pré-vácuo. Ele também é considerado um indicador químico por ser sensível ao vapor. Possui camadas de folhas de papel cartão, sendo que as folhas superiores e inferiores são revestidas por um plástico impermeável à umidade. A folha de teste principal consiste em um indicador químico impresso em padrão diagonal em cor amarela clara. O pacote é embalado em tecido descartável e fechado por rótulo que indica exposição ao vapor.

Como resultado satisfatório, a folha de teste principal apresenta uma mudança de coloração uniforme, entre marrom-escuro e preto, exceto na situação que ocorrer falha na remoção de ar.

Este teste é realizado 1 (uma) vez a cada semana e, conforme orientação do fabricante, deve ser colocado dentro da autoclave vazia.

FIGURA 10 - PACOTE TESTE DE BOWIE-DICK PLUS 00135

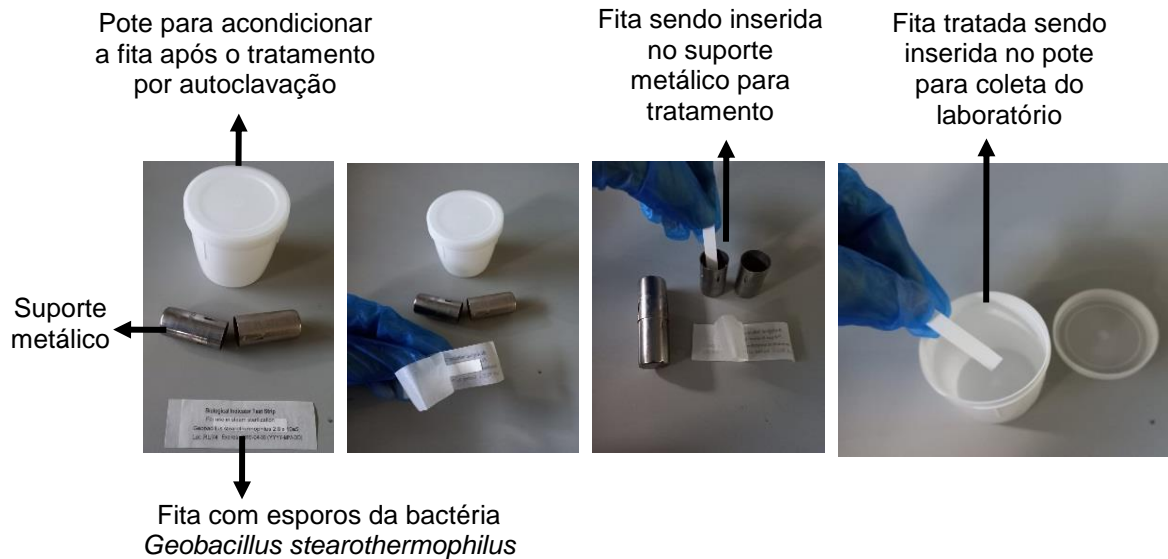


Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

Já os testes analisados pelo laboratório contratado, são realizados com uma frequência mensal para a “análise da carga microbiana” e semestral para a “quantificação de microrganismos”.

A análise da carga microbiana consiste em introduzir uma fita denominada Indicador Microbiano (IM) contendo esporos da bactéria *Geobacillus stearothermophilus*, em um recipiente metálico para protegê-la (Figura 11). O IM é posicionado na última gaiola da autoclave, localizada mais perto da porta. O ciclo de tratamento é iniciado e, após a finalização dele, o indicador é retirado do recipiente metálico e colocado em um pote de plástico para aguardar a coleta pelo colaborador do laboratório contratado.

FIGURA 11 - FITA COM ESPOROS DA BACTÉRIA *Geobacillus stearothermophilus*



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

A fita é mantida em incubação durante 7 dias e, após este período, o laboratório emite o certificado confirmando a ausência do crescimento microbiano.

Já o teste de quantificação microbiana (QM) consiste em realizar a coleta de duas amostras, sendo:

1. Amostra do resíduo **antes** do tratamento por autoclavação;
2. Amostra do resíduo **após** o tratamento por autoclavação.

Após a separação das amostras, é realizado o quarteamento do RSS (Figura 12) retirando cerca de 200 gramas para cada amostra. Ambas (com e sem tratamento) são colocadas em sacos brancos devidamente identificados como “RSS tratado” e “RSS sem tratamento”.

FIGURA 12 - QUARTEAMENTO DO RESÍDUO ANTES E APÓS O TRATAMENTO POR AUTOCLAVAÇÃO



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

Cada saco é colocado dentro de caixas de isopor também identificadas, ficando em espera para serem coletadas pelo colaborador do laboratório contratado. Após 15 dias o laboratório emite um certificado informando a quantidade encontrada de microrganismos na amostra de resíduos antes do tratamento (sem autoclavação) e após tratamento (com autoclavação).

Os parâmetros considerados para evidenciar a quantificação dos microrganismos presentes nos RSS, antes e após o processo de autoclavação, são:

- Coliformes totais;
- *Escherichia coli*,
- Coliformes termotolerantes,
- Streptococos fecais,
- Contagem total de fungos,
- Contagem de *Pseudomonas aeruginosa*.

Ambos os testes não fazem parte das condicionantes da licença de operação da UTRSS, sendo realizados por opção da Viasolo como forma de aumentar a garantia de eficiência operacional da sua autoclave.

4.3.2 Tratamento de resíduos sólidos de serviços de saúde por autoclavagem

Após os indicadores inseridos, as gaiolas são levadas para dentro das autoclaves para esterilização a vapor, conforme Figura 13 e 14. Atualmente a UTRSS conta com duas autoclaves com a mesma capacidade de tratamento de 600kg/h nominal e temperatura de 132°C.

FIGURA 13 - AUTOCLAVE DA EMPRESA VIASOLO ENGENHARIA AMBIENTAL S/A



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

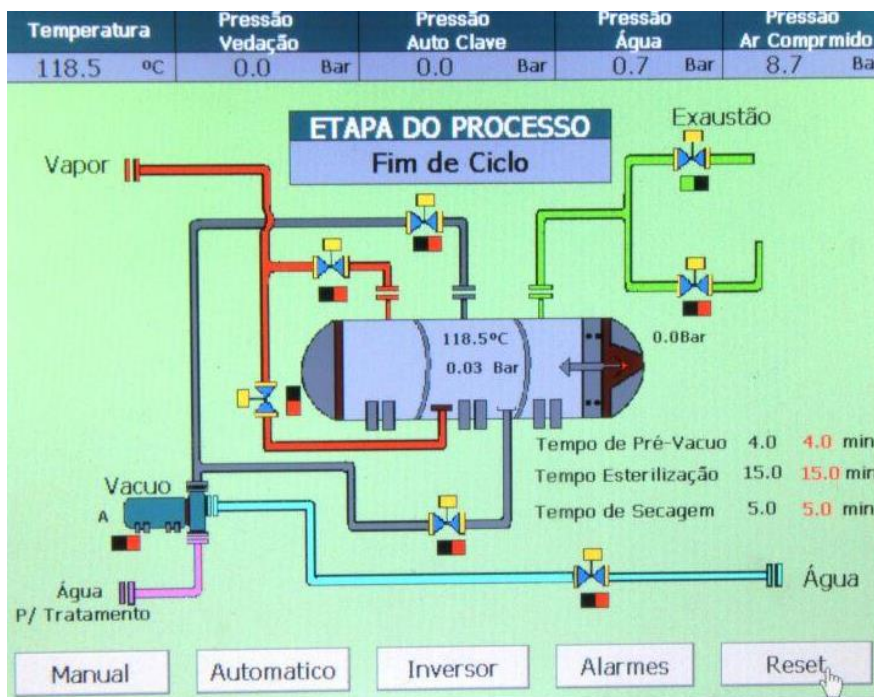
FIGURA 14 - COLABORADOR COLOCANDO A GAIOLA COM O RESÍDUO DENTRO DA AUTOCLAVE



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

Após a autoclave ser carregada com os resíduos nas gaiolas, a porta é travada e o ciclo é iniciado através do painel geral (Figura 15).

FIGURA 15 - COLABORADOR COLOCANDO A GAIOLA COM O RESÍDUO DENTRO DA AUTOCLAVE



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

As principais características da instalação quanto a vazões são apresentadas conforme Tabela 3.

TABELA 3 - CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO QUANTO A VAZÕES

Características	Capacidade
Quantidade média de resíduos tratados/dia ⁵	6.300kg/dia
Quantidade média de resíduos tratados/ciclo	630kg/ciclo
Quantidade média de ciclos realizados/dia	10 ciclos
Quantidade média de água de abastecimento consumida/dia	5,36m ³ /dia
Quantidade média consumida/ciclo	0,53m ³ /ciclo

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

5 Média por dia: considera-se dois turnos diários (7 horas e 20 minutos por turno).

Cada ciclo tem a duração de aproximadamente 35 minutos e possui capacidade de tratar aproximadamente 600 kg/h nominal, ou seja, média em quilo tratado por cada autoclave. Cabe destacar, que cada ciclo de tratamento envolve as etapas de:

1. Pré-vácuo;
2. Aquecimento;
3. Esterilização;
4. Exaustão;
5. Secagem;
6. Equalização;
7. Fim de ciclo.

O pré-vácuo é a primeira etapa do ciclo de tratamento e perdura durante exatos 4 minutos. Nesse momento, a bomba de vácuo é acionada e inicia a remoção de todo o ar de dentro da câmara, formando então, o vácuo.

Posteriormente a segunda etapa do ciclo é iniciada ocorrendo o aquecimento da autoclave. Nessa fase, duas válvulas - uma superior e outra inferior – se abrem permitindo que a injeção do vapor inicie. Conforme demonstrado na Figura 16 o vapor produzido nesta etapa é gerado por uma caldeira⁶ com capacidade de 1500kg/h. A injeção de vapor somente é finalizada quando a temperatura e pressão atingem 132°C e 2,5 kgf/cm² respectivamente.

⁶ A caldeira é da marca Sena Ecal Equipamentos e Instalações Ltda, vapor saturado, modelo VRI-1500, combustível diesel, capacidade de 1500kg/h, volume médio de água durante o uso normal de 1,59m³, capacidade de produção de vapor com água à 20°C, fabricada em 2013.

FIGURA 16 - CALDEIRA DE PRODUÇÃO DE VAPOR DA EMPRESA VIASOLO ENGENHARIA AMBIENTAL S/A



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

A caldeira é abastecida por água proveniente da Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA MG), a qual passa por um tratamento químico para controlar os níveis de pH e dureza. Este tratamento da água bruta é necessário para preservar a tubulação da caldeira e diminuir danos causados por incrustação a longo prazo.

A terceira etapa dura exatos 15 minutos e consiste na esterilização dos resíduos. À medida que esta fase acontece, as válvulas responsáveis por injetar o vapor podem se abrir para lançar mais vapor sempre que for necessário manter a temperatura de 132°C. Vale ressaltar que, o ciclo de tratamento é totalmente automático, não sendo necessário a intervenção humana para que as fases prossigam. O operador de autoclave monitora o processo por meio do painel *touch screen*, conforme Figura 17.

FIGURA 17 - PAINEL DA AUTOCLAVE PARA ACOMPANHAMENTO DO CICLO DE TRATAMENTO



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

Ao encerrar os 15 minutos da esterilização, inicia-se a quarta etapa: a exaustão. As válvulas de segurança abrem-se automaticamente liberando o vapor por meio de tubulação que seguirá até a torre de resfriamento⁷ (Figura 18).

⁷ Torre de resfriamento: equipamento responsável por resfriar o condensado que sai da autoclave.

FIGURA 18 - TORRE DE RESFRIAMENTO E RESERVATÓRIO DE ÁGUA



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

A quinta etapa contempla a secagem, que é a sucção do vapor residual ainda presente dentro da autoclave, direcionando-o também para a tubulação da torre de resfriamento. Essa etapa dura exatos 5 minutos e contribui para que a umidade presente no RSS seja menor.

A equalização, sexta etapa do ciclo, é a uniformização da pressão interna com a externa, até que seja liberada a trava de vedação da porta. Esta liberação automática sinaliza o fim do ciclo, última fase do processo de autoclavação. Neste momento o ticket de tratamento⁸ é emitido pela impressora da autoclave (Figura 19).

⁸ Ticket de tratamento: documento que consta todos os dados de pressão, temperatura e tempo registrados durante o ciclo de tratamento.

FIGURA 19 - TICKET DE TRATAMENTO DA AUTOCLAVE

Autoclave 02 Viasolo		Betim- ciclo : 7435	
2017-10-20-16:50:30	Pre-Vacuo		
2017-10-20-16:53:37	-17 °Hg		
2017-10-20-16:54:07	Aquecimento		
2017-10-20-16:59:25	Esterilizacao		
2017-10-20-16:59:25	150 C		
2017-10-20-17:00:25	149 C		
2017-10-20-17:01:25	150 C		
2017-10-20-17:02:25	151 C		
2017-10-20-17:03:25	149 C		
2017-10-20-17:04:25	151 C		
2017-10-20-17:05:25	150 C		
2017-10-20-17:06:25	150 C		
2017-10-20-17:07:25	151 C		
2017-10-20-17:08:25	150 C		
2017-10-20-17:09:25	150 C		
2017-10-20-17:10:25	151 C		
2017-10-20-17:11:25	150 C		
2017-10-20-17:12:25	151 C		
2017-10-20-17:13:25	150 C		
2017-10-20-17:14:25	Fim da Esterilizacao		
2017-10-20-17:22:28	Inicio da Secagem		
2017-10-20-17:26:28	Fim da Secagem		
2017-10-20-17:28:11	Fim de Ciclo		

Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

As gaiolas são retiradas de dentro da autoclave para bascular os resíduos tratados no caminhão compactador e, posteriormente, destiná-los ao aterro sanitário.

Durante a etapa de exaustão ocorre a geração da água residuária do processo. No momento em que as válvulas de segurança são abertas e o vapor é transportado por meio da tubulação até a torre de resfriamento, ocorre o processo de condensação do vapor, passando do estado gasoso para o líquido. Esse processo se intensifica quando atinge a torre de resfriamento.

Em seguida, o efluente é direcionado para Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), projetada para atender um volume diário de 10m³/dia, que será apresentada no Capítulo II deste trabalho (Figura 20).

FIGURA 20 - ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE (ETE)



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

REFERÊNCIAS

ARSAE-MG. **Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Minas Gerais**. Resolução ARSAE-MG Nº 117, 20 de novembro de 2018. Homologa a Norma Técnica T.187/6 – Lançamento de Efluentes não Domésticos no Sistema de Esgotamento Sanitário da Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA MG.

ALMEIDA, J.W.L. *et al.* Geotecnologias aplicadas ao uso do solo: Estudo de Caso da bacia do Vieira no município de Montes Claros-MG. **Anais XVI Encontro Nacional de Geógrafos**. Porto Alegre, 2010.

APHA. **American Public Health Association**. Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012, 937p.

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR13.969 – Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. 60. ABNT – São Paulo, 1997.

ABRELPE. **Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais**. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020. São Paulo, Dezembro, 2020.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal**. Resolução CONAMA nº 358, de 29 de abril de 2005. 2005.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos**. Resolução 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.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos**. Resolução nº 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e

critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências (publicada no DOU em 09/03/06).

BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Manual de gerenciamento de resíduos de serviços de saúde / Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.

BRASIL. **Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária.** Resolução RDC Nº 222, de 28 de março de 2018. Regulamenta as boas práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências.

BRASIL. **Política Nacional de Resíduos Sólidos.** Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010a. Disponível em: Acesso em: 11 jul. 2013.

CALLISTO, M. *et al.* Aplicação de um protocolo de avaliação rápida da diversidade de habitats em atividades de ensino e pesquisa (MG-RJ). **Acta Limnol. Bras.** v. 14, n.1, p. 91-98, 2002.

CAVALCANTI, C. Uma tentativa de caracterização da economia ecológica. **Ambiente & Sociedade** – Vol. VII nº. 1 jan./jun. 2004.

COPASA - **Companhia de Saneamento de Minas Gerais.** Norma Técnica T.187/6.

RODRIGUES, A.F.da.S. A importância da autoclave para os estabelecimentos de saúde. **Revista Brasileira de Educação e Saúde**, v. 9, n. 4, p. 138-144, 2019.

DIRETRIZ DO CONSELHO 91/271/EEC. Referência ao tratamento de águas residuais urbanas (91/271 / CEE). (1991) **Jornal Oficial das Comunidades Europeias.** n.L135/40. 13p.

FIORI, S. *et al.* Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2006.

GALVÃO, M.A. *et al.* **Eficácia da descontaminação de resíduos biológicos infectantes de laboratórios de microbiologia após tratamento térmico por autoclavagem.** Ouro Preto (MG), Brasil, out/dez 2013.

GOUVEIA, N. Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, p. 1503-1510, 2012.

JOLY, C.A. *et al.* **Pandemia, biodiversidade, mudanças globais e bem-estar humano.** Estudos Avançados, v. 34, n. 100, p. 67-82, 2020.

MANCUSO, P.C.S. *et al.* Reúso de água. **Editora Manole Ltda**, 2003.

METCALF, L. *et al.* Tratamento de efluentes e recuperação de recursos. **McGraw Hill Brasil**, 2015.

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 lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Executivo Minas Gerais**, 13 maio, 2008.

MONTEIRO, J.H.P. *et al.* Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro: **IBAM**, 2001.

MORIGUCHI, Y. *et al.* Recycling and Waste Management from the Viewpoint of Material Flow Accounting. **Mater Cycles Waste Manag**, Capítulo 12, pp. 2-9, 1999.

MORAIS, N.W.S. *et al.* **Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil.** 2019.

NAIME, R. *et al.* Uma abordagem sobre a gestão de resíduos de serviços de saúde. **Revista Espaço para a Saúde**, v. 5, n. 2, p. 17-27, 2004.

PERPETUO, M.do.C.L. *et al.* **Plano Municipal de Resíduos Sólidos**. Disponível em:<<http://www.betim.mg.gov.br/home/41822%3B66975%3B03%3B0%3B0.asp>>. Acesso em: 19 jan. 2021.

Portal Meio Ambiente MG. **Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/siam/processo/index.jsp>>. Acesso em: 05 fev. 2020.

Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho - NR 5 Comissão Interna de Prevenção de Acidentes (CIPA), SIT N° 787 DE 28.11.2018.

Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho - NR 6 Equipamentos de Proteção Individual (EPI), SIT N° 427 de 27.05.2014.

Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho - NR 12 Máquinas e Equipamentos, SIT N° 233 de 2011.

Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho - NR 13 - Caldeiras, Vasos de Pressão e Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento, SIT N° 594 de 28.04.2014.

SALKIN, I.F. Conventional and alternative technologies for the treatment of infectious waste. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 5, n. 1, p. 0009-0012, 2003.

SANTOS, A.S. *et al.* Aspectos Legais para Lançamento de Efluentes no Brasil. In: XXXIV Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental – **Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. Monterrey, novembro de 2014.

SOUZA, M.M.de. *et al.* Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês-DVP: Dutch Visitors Programme. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 387-395, 2016.

STRAUCH, M. Gestão de recursos naturais e resíduos. STRAUCH, M.; ALBUQUERQUE, PP **Resíduos: Como lidar com recursos naturais**. São Leopoldo: Oikos, p. 29-82, 2008.

VON S.M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1. 4ª Edição. **Coleção Princípios do Tratamento Biológico de Água Editora UFMG**, 2014.

Wolff A. Chapter 10 – Management of Waste from the Health-Care Sector, **In: Health Care and Environmental Contamination**. SPi Global, India: Elsevier, pp.167–197. 2018.

Yves, C.J.E. *et al.* Safe Management of Wastes from Health Care Activities. 2nd ed. Geneva: **World Health Organization**, 2014.

CAPÍTULO I

CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS SAÚDE E DA AUTOCLAVAÇÃO VISANDO O REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS: Uma investigação por meio da Revisão Sistemática de Literatura

RESUMO

Os resíduos de serviços de saúde (RSS) devem ser tratados antes do seu destino final devido às características de periculosidade que apresentam. A autoclavação é um exemplo de tecnologia que utiliza a esterilização a vapor para tratar estes RSS, garantindo que, posteriormente, esses possam ser destinados ao aterro sanitário classe II para disposição final no mesmo local que os resíduos sólidos urbanos (RSU). A geração de água residuária durante o processo de autoclavação é inevitável, sendo essa uma razão para o estudo de alternativas que sejam capazes de tratar os efluentes gerados neste processo. Neste cenário, um dos objetivos desta revisão sistemática da literatura (RSL), é avaliar se a água residuária proveniente da autoclavação dos RSS é passível de tratamento para posterior reúso. Além disso, também busca investigar a característica dos RSS e do processo de autoclavação. Dessa forma, quatro plataformas foram consideradas para a busca de artigos científicos que contribuíram para o tema desta RSL, sendo: Google Acadêmico, CAPES, PubMed e ScieELO. Foram selecionados 19 trabalhos dos últimos 20 anos. Estes foram sustentados pela metodologia de PRISMA, a qual levou em consideração três linhas de pesquisas: resíduos de saúde (LE1); tecnologia de autoclavação que trata os RSS (LE2) e água residuária e reúso (LE3). Por meio desta RSL, foi possível constatar a deficiência na quantidade de artigos encontrados que falam sobre o tema, conduzindo para a idealização de um campo promissor voltado para a tratabilidade deste efluente para reúso. Apesar disso, foi possível atestar ineficiência na gestão nos estabelecimentos geradores pode interferir a eficácia do tratamento por autoclavação e até a possibilidade de reúso do efluente.

Palavras-chave: Tratamento em autoclave. Tratamento efluente de saúde. Resíduos saúde e autoclavagem. Resíduos sólidos de serviços de saúde. Água residuária reúso.

CHARACTERIZATION OF SOLID WASTE FROM HEALTH SERVICES AND SELF-CLAIMING AIMS AT THE REUSE OF WASTEWATER: An investigation through the Systematic Literature Review

ABSTRACT

Health services waste (RSS) must be treated before its final destination due to its hazardous characteristics. Autoclaving is an example of technology that uses steam sterilization to treat these RSS, ensuring that, later, they can be sent to a class II landfill for final disposal in the same place as urban solid waste (USW). The generation of wastewater during the autoclaving process is inevitable, which is one reason to study alternatives that are capable of treating the effluents generated in this process. In this scenario, main goal of this systematic literature review (RSL) is to assess whether the wastewater from the autoclaving of the RSS can be treated for subsequent reuse. In addition, it also seeks to investigate the characteristics of RSS and the autoclaving process. Thus, four platforms were considered for the search of scientific articles that contributed to the theme of this RSL, namely: Google Scholar, CAPES, PubMed and ScieELO Nineteen articles or papers were selected covering the period of the last 20 years. These were supported by the PRISMA methodology, which took into account three lines of research: health waste (LE1); autoclaving technology that treats RSS (LE2) and wastewater and reuse (LE3). Through this RSL, it was possible to verify the deficiency in the number of articles found that talk about the topic, leading to the idealization of a promising field aimed at the treatability of this effluent for reuse. Despite this, it was possible to attest to inefficiency in the management of generating establishments, which can interfere with the effectiveness of the treatment by autoclaving and even the possibility of reusing the effluent.

Keywords: Autoclave treatment. Effluent health treatment. Health waste and autoclaving. Solid waste from health services. Wastewater reused.

1. INTRODUÇÃO

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em sua Resolução nº 358/2005 (BRASIL, 2005), e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) em sua Resolução RDC nº 222 de 2018 (BRASIL, 2018) estabelecem que os resíduos dos serviços de saúde necessitam de tratamento antes da disposição final, com exceção ao subgrupo A4 que, por não apresentar relevância epidemiológica, pode ser disposto em local licenciado sem o tratamento prévio. Mol *et al.*, (2017) abordam em seus estudos que, de acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS), cerca de 85% dos resíduos gerados em atividades de saúde possuem semelhança com os resíduos domiciliares (Grupo D) e, os 15% restantes apresentam algum tipo de periculosidade. Ou seja, estes resíduos que apresentam uma maior porcentagem referem-se aos do subgrupo A4.

Uma das formas utilizadas para o tratamento desses resíduos é por meio da autoclave. Segundo Capoor *et al.*, (2017), esse equipamento é conhecido por sua capacidade de resistir a repetidos processos que envolvem a liberação de pressão de vapor em alta temperatura e por tratar toneladas de resíduos sólidos de serviços de saúde por dia. Como o tratamento necessita de água em sua operação, também são gerados milhares de litros de águas residuárias diariamente (YAP *et al.*, 2013).

Conforme o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em sua Resolução nº 54 de 2005 (BRASIL, 2005), o termo água residuária é definido como qualquer tipo de esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não.

Souza *et al.*, (2016) descrevem que grande parte da água potável consumida no mundo é utilizada para fins não potáveis, conduzindo à necessidade de criar estratégias para reutilizar as águas residuárias em atividades menos nobres como descarga de vaso sanitário, lavagem de pisos ou até mesmo em irrigação de parques e jardins. Quando os padrões e critérios para reúso são atendidos, baseando nas legislações vigentes, a possibilidade de reúso dessa água se torna possível (MORAIS, *et al.*, 2019), e a água residuária é definida como água de reúso (BRASIL, 2005).

Nesse contexto, os resíduos de serviços de saúde por serem considerados perigosos por seu grau de periculosidade, seus efluentes também necessitam de atenção visto que apresentam uma considerável concentração de contaminantes, devendo ser tratados antes do seu descarte final (AREND, *et al.*, 2013). Muitas vezes,

a concentração de contaminantes remanescente no efluente após o seu tratamento, é considerado uma das principais preocupações dos estabelecimentos geradores, visto que a possibilidade de reúso da água residuária tratada dependerá diretamente do nível de tratabilidade atingido (MIERZWA, 2002).

O sistema de lodos ativados, por exemplo, é visto como uma tecnologia eficiente no tratamento da água residuária provenientes do esgoto doméstico e industriais. O reator biológico presente neste tipo de tratamento é responsável pela remoção da matéria orgânica podendo também, em algumas condições específicas, remover matéria nitrogenada. Inclusive, o clima tropical do Brasil, é considerado uma vantagem nesse tipo de tratamento por favorecer uma maior atividade microbiológica no reator (KLAUS, 2012).

Estabelecimentos que possuam atividades que envolva a geração de efluentes domésticos e industriais por exemplo, se faz necessário conhecer bem as características de cada água residuária para, somente depois, definir quais os parâmetros que serão necessários avaliar, a fim de controlar e garantir a tratabilidade do sistema (SANDRI *et al.*, 2006). Não há um melhor modelo de tratamento para promover o reúso de águas residuária. O ideal é desenvolver um planejamento e operação bem estruturados com o objetivo de sempre garantir a manutenção da salubridade e da proteção do trabalhador ou manipulador deste efluente (CUNHA, *et al.*, (2011).

Neste contexto, o presente trabalho buscou investigar, por meio da revisão sistemática de literatura, a característica dos resíduos de serviços de saúde e da autoclavação, bem como responder se a água residuária proveniente do tratamento em autoclave dos RSS, é passível de tratamento para posterior reúso, mesmo que em atividades menos nobres.

1. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a coleta de dados nas plataformas e, conforme demonstrado na Tabela 6, foram encontrados um total de 76.974 resultados, levantados durante o período de dezembro de 2019 a fevereiro de 2021.

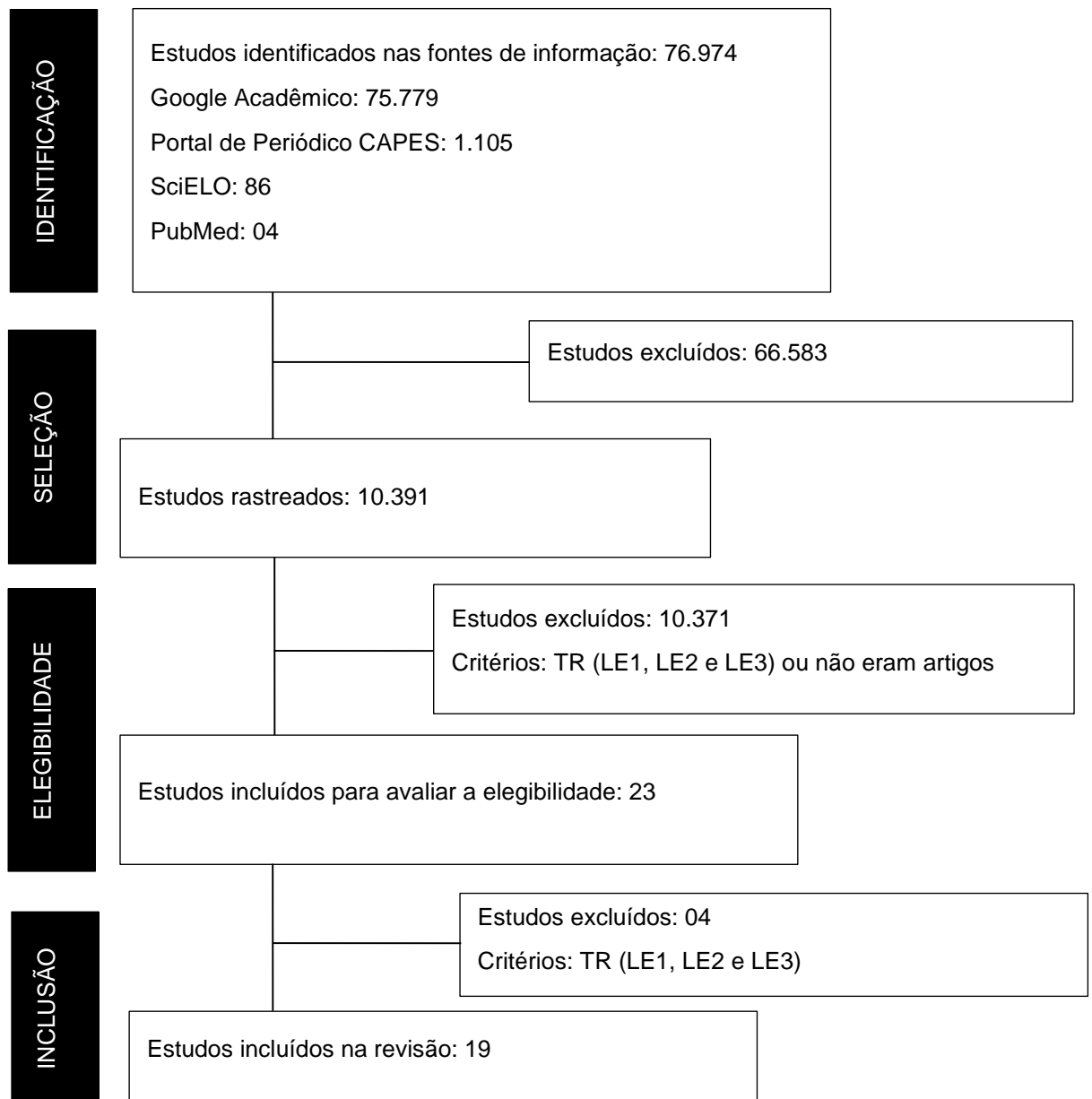
TABELA 4 - TABELA RESUMO DAS PESQUISAS DE TRABALHOS ACADÊMICOS

Pesquisas de trabalhos acadêmicos durante os últimos 20 anos	
Total por Plataforma	
Google Acadêmico	75.779
CAPES	1.105
PubMed	86
SciELO	04
Total geral de trabalhos encontrados a partir das palavras-chave	76.974

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Na Figura 21 está demonstrado o fluxograma de PRISMA proposto por Galvão *et al.*, (2015) o qual proporcionou à esta revisão sistemática, um melhor direcionamento na seleção dos trabalhos encontrados de acordo com as palavras-chave identificadas.

FIGURA 21 - FLUXOGRAMA DE PRISMA COM INFORMAÇÕES DAS DIFERENTES ETAPAS DA REVISÃO SISTEMÁTICA



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Durante a análise quantitativa, 86,5% dos estudos foram eliminados por apresentarem informações muito abrangentes e não terem relação específica com o tema, reduzindo para 13,5% a quantidade a ser rastreada.

Após a primeira verificação com base no TR, foi apresentada uma exclusão de 99,7% dos artigos por não se enquadrarem nesses conteúdos, permanecendo 23 estudos que seriam incluídos para avaliar sua elegibilidade. Mediante o resultado, após nova verificação com base no TR, foram excluídos 4 artigos, ficando 19. Esses,

conforme demonstrado na Tabela 7, foram selecionados para integrar o processo de análise para compor esta revisão sistemática.

TABELA 5 - QUADRO COM ARTIGOS RESULTANTES DA PROCURA POR ARTIGOS RELACIONADOS AO TEMA POR MEIO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

LINHA DE ESTUDO	NOME	AUTOR (ES)/ANO	PERIÓDICO DE PUBLICAÇÃO	CLASSIFICADO NO QUALIS/CAPES	Nº DE CITAÇÕES
LE1	Safe Management of Wastes from Health Care Activities	CHARTIER, Y.; PIEPER U.; PRUSS, A. 2014	World Health Organization, 2nd ed.	A1**	461
LE1	Avaliação do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde em municípios da região metropolitana de Belo Horizonte (Brasil)	SILVA, D. F.; VON SPERLING, E.; BARROS, R.T. V. 2014	Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 19, n. 3	A2*	24
LE1	Destinação de resíduos de serviços de saúde do subgrupo A4: política baseada em evidência ou em intuição?	MOL, M.P.G.; NOIL, A. de M. C.; HELLER, L. 2017	Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES	A2*	02
LE1	Profile of highly infected wastes generated by hospitals: A case in Belo Horizonte, Brazil	COSTA, C.A.; MAIA, C.C.; NEVES, A. C.; DE VASCONCELOS, R. T.; MOL, M.P.G. 2019	Sage Journals - Waste Management & Research 1–8	A2*	01
LE1	Gestão Integrada e Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde na UGRHI-PP	FERREIRA, E. R. 2014	Revista Geográfica Acadêmica, v. 8, n. 1, p. 81-93	B4*	08
LE1	Management of Waste from the Health-Care Sector. In: Health Care and Environmental Contamination	WOLFF, A. 2018	Elsevier, pp.167–197	C*	02

(CONTINUAÇÃO) TABELA 7 - QUADRO COM ARTIGOS RESULTANTES DA PROCURA POR ARTIGOS RELACIONADOS AO TEMA POR MEIO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

LINHA DE ESTUDO	NOME	AUTOR (ES)/ANO	PERIÓDICO DE PUBLICAÇÃO	CLASSIFICADO NO QUALIS/CAPEs	Nº DE CITAÇÕES
LE2	Application countermeasures of non-incineration technologies for medical waste treatment in China	CHEN, Y.; DING, Q.; YANG, X.; PENG, Z.; XU, D.; FENG, Q. 2013	Sage Journals - Waste Management & Research 0(0) 1–8	A2*	23
LE2	Conventional and alternative technologies for the treatment of infectious waste	SALKIN, I.F. 2003	Journal of Material Cycles and Waste Management	B1*	31
LE2	Integrity of bacterial genomic DNA after autoclaving: possible implications for horizontal gene transfer and clinical waste management	YAP, J.M.; GOLD-SMITH, C.E.; MOORE, J.E. 2013	Journal of Hospital Infection 83	B1**	11
LE2	Eficácia da descontaminação de resíduos biológicos infectantes de laboratórios de microbiologia após tratamento térmico por autoclavação	GALVÃO, M. A.; DA SILVA, J. C.; TEIXEIRA, M. C. 2013	Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 18, n. 4, p. 323-331	A2*	04

(CONTINUAÇÃO) TABELA 7 - QUADRO COM ARTIGOS RESULTANTES DA PROCURA POR ARTIGOS RELACIONADOS AO TEMA POR MEIO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

LINHA DE ESTUDO	NOME	AUTOR (ES)/ANO	PERIÓDICO DE PUBLICAÇÃO	CLASSIFICADO NO QUALIS/CAPES	Nº DE CITAÇÕES
LE3	Estudo de um Sistema Compacto de Tratamento de Efluentes Sanitários do Tipo Lodos Ativados	KLAUS, G.F 2012	Enciclopédia biosfera, v. 7, n. 13, p. 1225-1248	-	01
LE3	O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país	CUNHA, A. H. N.; DE OLIVEIRA, T. H.; FERREIRA, R. B.; MILHARDES, A. L. M.; E SILVA, S. M. DA COSTA. 2011	Enciclopédia biosfera, v. 7, n. 13, p. 1225-1248	B3*	39
LE3	Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil	MORAIS, N. S.; DOS SANTOS, A. B. 2019	Revista DAE, Núm. 215, vol. 67, janeiro a março de 2019	B2*	08
LE3	Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil	MOURA, P. G.; ARANHA, F. N.; HANDAM, N. B.; MARTIN, L. E.; SALLES, M. J.; CARVALHAL, E.; JARDIM, R.; MARTINS, A. S. 2020	Engenharia Sanitária e Ambiental vol.25 no.6 Rio de Janeiro Nov./Dec. 2020	A2*	01
LE3	Reúso de água na lavagem de veículos	MORELLI, E. B. 2005	Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.	-	46
LE3	Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD	BORDONALLI, A. C. O.; MENDES, C. G. da N. 2009	Engenharia Sanitária e Ambiental v.14 n.2 abr/jun 2009 235-244	A2*	17

(CONTINUAÇÃO) TABELA 7 - QUADRO COM ARTIGOS RESULTANTES DA PROCURA POR ARTIGOS RELACIONADOS AO TEMA POR MEIO DA REVISÃO SISTEMÁTICA

LINHA DE ESTUDO	NOME	AUTOR (ES)/ANO	PERIÓDICO DE PUBLICAÇÃO	CLASSIFICADO NO QUALIS/CAPES	Nº DE CITAÇÕES
LE3	Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação	SADRI, D.; MATSURA, E. E.; TESTEZLAF, R. 2006	Revista Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.26, n.1, p.45-57, jan./abr. 2006	B1	34
LE3	Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês – DVP: Dutch Visitors Programme	SOUZA, M. M.; SANTOS, A. S. P. 2016	Engenharia Sanitária e Ambiental, v.21 n.2	A2*	09
LE 3	Potencial de Reuso de Água no Brasil Agricultura, Indústria, Municípios, Recarga de Aquíferos	HESPANHOL, I 2002	Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 7 n.4 Out/Dez 2002, 75-95	A2*	469

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

*Área de avaliação Qualis/Capes: Ciências ambientais.

**Área de avaliação Qualis/Capes: Interdisciplinar

3.1. Linha de Estudo 1 - Caracterização e segregação de resíduos de saúde

É sabido que os RSS são gerados por meio do consumo de atendimentos médicos, odontológicos, laboratoriais, de acupuntura, estética, tatuagens, entre outros (FERREIRA, 2014). Costa *et al.*, (2019) descrevem sobre a classificação destes resíduos, segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução da Diretoria Colegiada - RDC ANVISA nº 222/2018, citando os grupos: A (risco biológico); B (químicos); C (radioativos); D (comuns/domésticos) e E (perfurocortantes). Conforme RDC ANVISA nº 222/2018 os resíduos do subgrupo a A1, A4 e E podem ser tratados por meio da autoclavação, visto que a tecnologia atende à exigência da legislação que determina a capacidade de redução da carga microbiana a 4Log10. Nesse contexto, a autoclave das empresas de tratamento de resíduos de saúde é um equipamento compatível com a exigência normativa por garantir esta inativação.

A partir dos dados da Organização Mundial de Saúde (OMS), Mol *et al.*, (2017) declaram que 85% dos resíduos, representados pelo subgrupo A4, são destinados para tratamento antes da disposição final por não possuir uma segregação correta, o que conduz a uma gestão ineficiente e comprometedora. Wolff (2018) relata de uma forma geral, sobre a fragilidade que os sistemas de gestão dos RSS possuem, tornando necessário a implantação e/ou aperfeiçoamento de uma administração mais eficiente

Nos estudos de Silva *et al.*, (2014) foi realizada uma avaliação do gerenciamento nos municípios da região metropolitana de Belo Horizonte, na qual o município de Betim é contemplado.

Alguns estabelecimentos de saúde foram selecionados para participar do levantamento que envolve a observação de como é executada a gestão dos RSS, desde a coleta até a destinação final. Durante o levantamento foi possível identificar várias irregularidades nos abrigos que armazenam esse tipo de resíduo. A precariedade de estrutura física para armazená-los até o momento da coleta, ou até mesmo a ausência deste local, é uma das situações que agrava o risco por permitir que catadores e/ou transeuntes tenham acesso a esses resíduos (SILVA *et al.*, 2014).

Fica evidente que as empresas que tratam os RSS por autoclavação podem ser diretamente impactadas por esta problemática apresentada pelos autores da LE1 - Assuntos correlatos a caracterização e segregação de resíduos de saúde. Entretanto,

a fim de mitigar que tal situação impacte negativamente a operação de tratamento por autoclavação, algumas exigências e controles são considerados para uma gestão mais eficiente durante o recebimento dos resíduos de serviços de saúde. Uma dessas exigências está descrita na Lei 12.305/2010 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a qual determina que o estabelecimento gerador de resíduos perigosos deve, além de implementar o Plano de Gerenciamento de Resíduos (PGR), deve também, acompanhar cada etapa que envolve o mesmo (BRASIL, 2010). Assim sendo, é possível que cada estabelecimento garanta uma gestão efetiva e apropriada dos resíduos que são encaminhados para o tratamento, evitando desvios e possíveis interferências na eficácia do tratamento.

Nesse cenário, cada estabelecimento gerador consegue distinguir os tipos de resíduos gerados e qual a tecnologia de tratamento será eficiente para cada resíduo (CHARTIER *et al.*, 2014) tornando possível que as empresas responsáveis pela autoclavação dos RSS, atuem em conjunto e conheça as particularidades de cada empreendimento (COSTA *et al.*, 2019).

3.2. Linha de Estudo 2 - Tecnologias de tratamento de resíduos de saúde

No momento em que os estabelecimentos geradores de resíduos de serviços de saúde, definem a tipologia dos RSS gerados, baseando-se nas legislações aplicáveis, a possibilidade de impactos negativos à saúde e ao meio ambiente é minimizada e/ou eliminada, evitando prejuízos inclusive, para o processo de tratamento (GALVÃO *et al.*, 2013).

Salkin (2003) relata que dentre as tecnologias disponíveis para o tratamento dos RSS, a incineração era o método mais conhecido e usado mundialmente por fornecer um resultado onde convertia os resíduos em cinzas e gases residuais. Entretanto, com os novos padrões de controles para emissão de poluentes na atmosfera, o aumento do custo operacional para a incineração passou a não ser tão vantajoso, fazendo com que as empresas buscassem novas alternativas de tratamento, como a autoclavação.

Dessa forma, quando a tecnologia de autoclavação for escolhida, devido esta apresentar restrições quanto ao tratamento de alguns tipos de resíduos, fica evidente a importância da segregação correta dos RSS. Por esse motivo, para o tratamento ser efetivo, se faz necessário a adoção de medidas de controle operacional para se

garantir a eficiência do tratamento (CHEN *et al.*, 2013 e GALVÃO *et al.*, 2013). A ausência de um processo de autoclavação eficaz, pode, inclusive, tornar-se um potencial risco para futuras transformações genéticas em aterros sanitários ⁹(YAP *et al.*, 2013).

Nesse cenário, o método de esterilização a vapor por meio da autoclavação, utilizado pelas empresas que tratam os RSS, atuam na eliminação de micro-organismos impedindo que cresçam e se reproduzam, mesmo estando em estado de latência. O tratamento por autoclavação é revelado por meio da morte microbiana até que a probabilidade do agente contaminante seja menor ou igual a que 4Log10, ou seja, que a esterilização alcance a redução de nível III da carga microbiana¹⁰. Segundo Galvão *et al.*, (2013) esta redução está diretamente relacionada à temperatura e ao tempo de contato com os resíduos durante o tratamento e, posteriormente, podem ser destinados para um aterro sanitário para serem dispostos no mesmo local que os resíduos comuns.

É conhecido que a autoclavação necessita de água em seu tratamento e, como consequência, ocorre a geração de água residuária ao final do processo. Neste sentido, Chartier *et al.*, (2014) consideram importante que os estabelecimentos de saúde disponham de tecnologia capaz de garantir o tratamento desta água residuária.

3.3. Linha de Estudo 3 - Tratabilidade e reúso de águas residuárias

Segundo Klaus (2012), um exemplo de tratamento de efluente que utiliza o processo de lodos ativados, são formados, basicamente, por tanque aerador, decantador secundário e bomba para promover a recirculação do lodo. Este tipo de tratamento é considerado um dos métodos mais eficientes para remoção de matéria orgânica, podendo, inclusive, segundo Morelli (2005) reutilizar este efluente tratado para uso em atividades que demandam menos restrição, como na lavagem de ruas e veículos.

⁹ Aterro Sanitário: local onde se realiza a disposição final dos RSS após o tratamento.

¹⁰ Nível III de inativação microbiana: processo físico ou outros processos para a redução ou eliminação da carga microbiana, tendo como resultado a inativação de bactérias vegetativas, fungos, vírus lipofílicos e hidrofílicos, parasitas e micobactérias com redução igual ou maior que 6Log10, e inativação de esporos do *B. stearothermophilus* ou de esporos do *B. subtilis* com redução igual ou maior que 4Log10 (BRASIL, 2018).

Nesse cenário, uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) que contempla o reúso em lavagem de piso, pátio, logradouros e de veículos, deve considerar os seguintes parâmetros para a avaliação da qualidade da água residuária: cloro residual total, Demanda Biológica de Oxigênio (DBO), sólidos em suspensão total, coliformes fecais, turbidez, pH, ovos de helmintos, estreptococos fecais e óleos e graxas (MORELLI, 2005).

A tecnologia para tratamento de efluentes deve ser capaz de reduzir e/ou eliminar impactos ambientais por meio de práticas de reúso, reciclagem e uso consciente (CUNHA *et al.*, 2011). Um exemplo são estabelecimentos que realizam a lavagens de embalagens plásticas para reúso no processo de reciclagem de plástico tipo PEAD. Bordonalli *et al.*, (2009) mencionam que, para a comprovação do desempenho da estação de tratamento desse caso, os parâmetros a serem analisados são: pH, turbidez, DBO, óleo e graxas e sólidos em suspensão total. Contudo os autores não fazem menção de qual legislação se referem para a análise dos resultados da ETE.

Os parâmetros citados por Morelli (2005) e Bordonalli *et al.*, (2009), com exceção de helmintos e estreptococos fecais, contemplam alguns dos atuais parâmetros definidos pelas empresas de tratamento de RSS por autoclavação, ficando evidente que a escolha das análises físico-química e microbiológica da água residuária, está de acordo com o preconizado pela literatura

A prática pelo reúso de efluente de origem sanitária ou industrial, torna-se importante para minimizar o uso abusivo de mananciais e a redução no consumo de água potável, sendo essa, substituída por uma água de característica inferior (MORAIS *et al.*, 2019).

Quando se tem a intenção de praticar o reúso, Sandri *et al.*, (2006) relatam que, pensando em um mesmo estabelecimento que produza efluentes com características distintas, ou seja, originadas de diferentes atividades como laboratórios, esgoto sanitário, cozinha, água de lavagem de oficina mecânica, torna-se necessário conhecer bem as especificidades de cada setor, levantando previamente os riscos associados ao tratamento e às características que estes efluentes apresentam para uma definição específica dos parâmetros. Esta avaliação é indispensável para garantir a tratabilidade do sistema de tratamento.

Segundo Cunha *et al.*, (2011), não há um melhor modelo a ser seguindo para promover o reúso, o ideal para esta prática, está diretamente relacionada à proteção da saúde pública e do meio ambiente, os quais são garantidos por meio de um planejamento e de uma implantação e operação bem estruturados.

Conforme Hespanhol (2002), o Brasil é um país que necessita se institucionalizar de forma que garanta a preservação ambiental, a viabilidade econômica e a aceitação social e segura quanto ao reúso de suas águas. É fundamental desenvolver uma legislação a nível federal que seja a base orientadora para estados e municípios, padronizando os parâmetros para o reúso de água, respeitando a singularidade de cada local (MORAIS *et al.*, 2019).

Moura *et al.*, (2020) destaca que no Brasil a única norma de abrangência nacional que classifica a água residuária quanto às possibilidades de reúso e aproveitamento é a NBR ABNT 13.969/1997 (ABNT, 1997). A norma estabelece projetos de construção e operação de unidades de tratamento e disposição final de efluentes líquidos para futuro reúso.

Conforme demonstrado na Tabela 8¹¹, a norma ainda define alguns parâmetros para o controle do grau de tratamento necessário para reúso do esgoto tratado.

TABELA 6 - CLASSIFICAÇÃO PARA O CONTROLE DO GRAU DE TRATAMENTO PARA O REÚSO

CLASSIFICAÇÃO	PARÂMETROS
Classe 1 ¹²	turbidez < 5 coliforme fecal < a 200 NMP/100 mL sólidos dissolvidos totais < a 200 mg/L pH entre 6,0 e 8,0 cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L

Fonte: ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas nº 13.969, 1997.

No âmbito estadual, a legislação que estabelece modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários (ETE), seja de sistemas públicos e/ou privados, é a DN CERH-MG 65/2020 elaborada pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2020).

¹¹ Na ausência de legislação ou normativa específica para reúso de efluentes industriais, buscou-se considerar os dispositivos legais referentes aos critérios e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de estações de tratamento de esgotos sanitários.

¹² Classe I: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.

Considerando as modalidades de usos urbanos e industriais, a DN CERH-MG 65/2020 (MINAS GERAIS, 2020) também define alguns parâmetros para controle da qualidade da água de reúso, os quais são apresentados na Tabela 9:

TABELA 7¹³ - MODALIDADES PARA O CONTROLE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE REÚSO

MODALIDADES	PARÂMETROS
Modalidade “urbano” (Categoria amplo ¹⁴ ou limitado ¹⁵)	pH, coliformes termotolerantes ou E. coli (NMP/100 mL) e, Ovos viáveis de helmintos (nº de ovos/L).
Modalidade industrial	Estabelece que o padrão de qualidade é definido pelo próprio empreendedor e que esse deve seguir todos os requisitos de qualidade e segurança do trabalho.

Fonte: MINAS GERAIS, Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais nº 65, 2020.

Além do reúso, outra alternativa para a gestão dos efluentes urbanos e industriais, é o lançamento em corpos d’água. A Resolução nº 430/2011, do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a qual complementa e altera a Resolução nº 357/2005 do mesmo conselho, é a legislação brasileira que define, de forma pouco restritiva, os critérios e parâmetros este tipo de lançamento provenientes de qualquer fonte poluidora. Neste sentido, alguns estados optam por definir seus próprios regimentos quanto ao lançamento destes efluentes, podendo ser ainda mais restritivos em relação à legislação federal (SOUZA, *et al.*, 2016).

2. MATERIAL E MÉTODOS

A coleta de dados para a presente revisão sistemática, foi realizada a partir do levantamento de estudos em publicações na literatura acadêmica, relacionadas ao tema “efluentes gerados do tratamento por autoclavagem de resíduos de serviços de saúde”. O critério adotado para a escolha foi estar associado ao tema nos idiomas português e inglês. Devido à dificuldade em encontrar referências bibliográficas específicas a respeito do tema e observando que algumas das publicações

¹³ Na ausência de legislação ou normativa específica para reúso de efluentes industriais, buscou-se considerar os dispositivos legais referentes aos critérios e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de estações de tratamento de esgotos sanitários.

¹⁴ Categoria amplo: Lavagem de pátios, ruas e avenidas, estacionamentos ou outros com exposição similar; lavagem de veículos comuns; uso predial comercial ou industrial (restrito a descargas sanitárias) (MINAS GERAIS, 2020).

¹⁵ Categoria limitado: Lavagem de veículos especiais (tais como aqueles utilizados em coleta e transporte de resíduos sólidos domésticos, coleta seletiva, construção civil, mineração), lavagem externa de trens e aviões, controle de poeira, combate a incêndio, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgoto (MINAS GERAIS, 2020).

encontradas, possuíam mais de dez anos, foi definido um intervalo temporal que abrange o período dos últimos 20 anos.

Como sustentação para o trabalho, foi adotado a metodologia de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), que busca a compilação de produtos acadêmicos, elaborados por uma variedade de pesquisadores, em situações e locais diversos, possibilitando a compreensão das evidências científicas presentes na área (MUÑOZ *et al.*, 2002). Neste contexto, foram definidas quatro palavras-chave em português e as respectivas palavras na língua inglesa para dar início à busca (Tabela 4).

TABELA 8 - RESUMO DAS PALAVRAS-CHAVE ESCOLHIDAS

Nº	Palavras-chave	
	Português	Inglês
1	“resíduos sólidos de serviços de saúde”	“solid waste from health services”
2	“resíduos de saúde e autoclavagem”	“health waste and autoclaving”
3	“tratamento em autoclave”	“autoclave treatment”
4	“tratamento efluente de saúde”	“effluent health treatment”
5	“água residuária reúso”	“wastewater reused”

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Os conectores de busca obedeceram ao seguinte critério: foi considerado a união de uma palavra a outra para dar sentido e resultar na similaridade com a proposta nesta pesquisa. Por exemplo: “resíduos de serviços de saúde” foi considerada como uma única palavra-chave pois, a opção em usar apenas a palavra “resíduos” ou “saúde” resultou em uma quantidade excessiva de artigos que, por esse motivo, dificultaria a seleção de pesquisas que pudessem apresentar maior referência ao trabalho.

Devido à quantidade de artigos científicos encontrados nesta seleção inicial, optou-se por utilizar a recomendação de PRISMA (Systematic Reviews and meta-analyses of studies¹⁶) proposta por Galvão *et al.*, (2015).

Também foi considerado um guia intitulado como Teste de Relevância (TR) para realizar uma seleção de artigos, baseando-se nas palavras-chave. Segundo MUNHOZ *et al.*, (2002), o TR é um instrumento que auxilia no direcionamento para inclusão e exclusão de artigos, devendo seguir as seguintes recomendações:

¹⁶ Tradução em português: Revisões sistemáticas e meta-análises de estudos.

No Teste de Relevância devem ser definidos critérios de inclusão tais como: data de realização da pesquisa, tipo de estudo, apresentação de resultados originais, exposição ou intervenção, definição específica dos participantes da pesquisa, dentre outros (HEDGES, 1994). Também, devem ser definidos critérios de exclusão, tais como: ambiguidade dos resultados, apresentação insuficiente de resultados, dentre outros (MUNHOZ *et al.*, 2002).

O critério utilizado para a inclusão e exclusão dos artigos permanentes foram fundamentadas no Teste de Relevância (TR). As inclusões consideradas no TR foram baseadas em 03 Linhas de Estudo (LE) distintas que apresentaram os conteúdos conforme Tabela 5:

TABELA 9 - TABELA POR ASSUNTO DAS LINHAS DE ESTUDO (LE)

Linhas de Estudos	
LE 1	Assuntos correlatos a caracterização e segregação de resíduos de saúde
LE 2	Assuntos correlatos às tecnologias de tratamento de resíduos de saúde
LE 3	Assuntos correlatos a tratabilidade e reúso de águas residuárias

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Foram utilizadas 4 plataformas de pesquisa para a coleta dos dados: Google Acadêmico, com amplo número de produções científicas, a biblioteca virtual do Portal de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a plataforma PubMed e a Biblioteca Eletrônica Científica Online ScieELO¹⁷.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca para uma solução sustentável que envolva o reúso do efluente da autoclavagem do RSS contribuirá, não somente para a redução do custo com este consumo, mas também possibilitará a disponibilidade desta água residuária para outros fins.

A presente revisão permitiu a busca de literaturas que apresentassem estudos relacionados à tratabilidade e a avaliação do potencial de reúso desta água residuária para fins menos nobres como, por exemplo, na lavagem de veículos, limpeza de pátio e/ ou jardinagem.

Conforme relatado nos estudos da LE1, essa busca evidenciou que a interferência causada pelo déficit no gerenciamento correto dos RSS pode afetar a

¹⁷ Disponíveis em sites eletrônicos: <https://scholar.google.com.br/>; <https://www-periodicos-capes-gov-br.ezl.periodicos.capes.gov.br/index.php?>; <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>.

eficiência do processo de autoclavação bem como a tratabilidade da própria água residuária. Todas as etapas que envolvem a gestão dos RSS, desde a geração/segregação até a destinação final, devem ser rigorosamente acompanhadas e controladas para que se obtenha um processo seguro e efetivo.

Ao relacionar a LE2 e LE3, também foi possível evidenciar uma perspectiva positiva e possivelmente viável ao considerar eficácia de tratamento dos resíduos de serviços de saúde bem como a caracterização e tratabilidade dos efluentes para a prática de reúso.

Os resultados obtidos a partir dos trabalhos acadêmicos pesquisados, são considerados parciais devido à escassez de estudos que mencionam sobre a temática da tratabilidade da água residuária resultante, especificamente, do processo de autoclavação de resíduos de serviços de saúde.

REFERÊNCIAS

ABNT. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**. NBR 13.969/97. Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos. Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT. 1997.

AESBE. **Associação Brasileira das Empresas Estaduais de Saneamento**. Representada pelas Companhias Estaduais de Saneamento Básico. Fundação em 1984. Disponível em: <https://aesbe.org.br/copasa-divulga-evolucao-do-indice-de-atendimento-em-mg-entre-2006-e-2018/>. Acesso em: 20 fev. 2021.

AREND, R.G. *et al.* Efluentes hospitalares: avaliação da forma de disposição dos efluentes hospitalares em quatro municípios da região do vale dos sinos no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 263-308, 2013.

BORDONALLI A.C.O. *et al.* Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 2, p. 235-244, 2009.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 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. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2011.

BRASIL. CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução 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. Alterada pela Resolução 410/2009 e pela 430/2011.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de

Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente e da Amazônia Legal. **Resolução CONAMA nº 358 de 29 de abril de 2005.**

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. RDC. **Resolução da Diretoria Colegiada nº 222, de 28 de março de 2018.** Regulamenta as boas práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências.

CAPOOR, M.R. *et al.* Current perspectives on biomedical waste management: rules, conventions and treatment technologies. **Indian Journal of Medical Microbiology**, India, v.35, p. 157-167, 2017.

CHARTIER, Y. (Ed.). Safe management of wastes from health-care activities. **World Health Organization**, 2014.

CHEN, Y. *et al.* Application countermeasures of non-incineration technologies for medical waste treatment in China. **Waste management & research**, v. 31, n. 12, p. 1237-1244, 2013.

COPAM. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa n.01 de 5 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. Minas Gerais, Belo Horizonte, 13 maio 2008. 30 p.

COPASA. Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Norma Técnica T.187/6.**

COSTA, C.A. *et al.* Profile of highly infected wastes generated by hospitals: A case in Belo Horizonte, Brazil. **Waste Management & Research**, v. 37, n. 6, p. 643-650, 2019.

CUNHA, A.H.N. *et al.* O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 1225-1248, 2011.

FERREIRA, A.P. *et al.* Avaliação da microfauna no efluente final para monitoramento da qualidade ambiental em estações de tratamento de esgotos do tipo lodos ativados. **Revista Gaia Scientia**, Brasil, v. 2, n. 1, p. 51-59, 2008.

FERREIRA, E.R. Gestão Integrada e Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde na UGRHI-PP. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 8, n. 1, p. 81-93, 2014.

GALVÃO, M.A. *et al.* Eficácia da descontaminação de resíduos biológicos infectantes de laboratórios de microbiologia após tratamento térmico por autoclavação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 18, n. 4, p. 323-331, 2013.

GALVÃO, T.F. *et al.* Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v. 24, p. 335-342, 2015.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

KLAUS, G.F. *et al.* **Estudo de um Sistema Compacto de Tratamento de Efluentes Sanitários do Tipo Lodos Ativados**. 2012.

MIERZA, J.C. **O uso racional e o reúso como ferramentas para o gerenciamento de águas e efluentes na indústria: estudo de caso da KODAC Brasileira**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2002.

MINAS GEAS. CERH. O Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais. **Resolução nº 65, de 18 de jun. de 2020**. Estabelece modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de Estações de Tratamento de

Esgotos sanitários (ETE) de sistemas públicos e privados e dá outras providências. Diário Oficial [da] União, 2020.

MOL, M.P.G. *et al.* Destinação de resíduos de serviços de saúde do subgrupo A4: política baseada em evidência ou em intuição? **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1037-1041, 2017.

MORAIS, N.W.S. *et al.* Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**. Departamento de Águas e Esgotos, 2019.

MORELLI, E.B. **Reúso de água na lavagem de veículos**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MOURA, P.G. *et al.* Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, n. 6, p. 791-808, 2020.

MUNOZ, S.I.S. *et al.* Revisão Sistemática de literatura e metanálise: desenho, interpretação e aplicação na área da saúde. **Anais do 8º Simpósio de Comunicação em Enfermagem**. SIBRACEN. Maio. 2002.

SADRI, D. *et al.* Teores de nutrientes na alface irrigada com água residuária aplicada por sistemas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 1, p. 45-57, 2006.

SALKIN, I.F. Conventional and alternative technologies for the treatment of infectious waste. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 5, n. 1, p. 0009-0012, 2003.

SILVA, D.F. *et al.* Avaliação do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde em municípios da região metropolitana de Belo Horizonte (Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 251-262, 2014.

SOUZA, M.M.de. *et al.* Água potável, água residuária e saneamento no Brasil e na Holanda no âmbito do Programa de Visitação Holandês-DVP: Dutch Visitors Programme. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p. 387-395, 2016.

WOLFF, A. Management of waste from the health-care sector. **In: Health Care and Environmental Contamination**. Elsevier, 2018. p. 167-197.

YAP, J.M. *et al.* Integrity of bacterial genomic DNA after autoclaving: possible implications for horizontal gene transfer and clinical waste management. **Journal of Hospital Infection**, v. 83, n. 3, p. 247-249, 2013.

CAPÍTULO II

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL DA AUTOCLAVAÇÃO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE E DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES PARA FINS DE REÚSO

RESUMO

A caracterização do efluente é importante para a definição de uma tecnologia que seja eficiente no seu tratamento, tornando a opção de reúso, uma possibilidade para os estabelecimentos. A Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) da empresa objeto de estudo foi projetada para tratar 10m³/dia dos efluentes provenientes da autoclavação de resíduos de serviços de saúde (RSS). A ETE é composta por nível preliminar/detenção de sólidos, tratamento biológico (Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e lodos ativados) e tratamento avançado (filtro de carvão ativado e desinfecção). As análises consideradas para avaliação da tratabilidade e reúso das águas residuárias foram baseadas a partir da compilação de algumas legislações que estabelecem condições específicas para lançamento de efluentes em corpo d'água e para prática de reúso, sendo elas: DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008); NBR ABNT 13.969/1997 (ABNT, 1997) e DN CERH-MG 65/2020 (MINAS GERAIS, 2020). A autoclave apresentou pouca variação nos resultados de eficiência operacional confirmando o resultado de “não significativo” (ns) obtido por meio do teste de Mann-Whitney U. Os parâmetros óleos minerais e vegetais, pH, temperatura, cloro residual livre e E.coli, apresentaram resultados dentro das diretrizes estabelecidas para reúso e lançamento de efluentes em corpo receptor. Sólidos em suspensão e sedimentáveis, apesar de apresentarem média anual dentro das diretrizes, obtiveram máximas acima do recomendado e/ou determinado. Os demais parâmetros como agentes tensoativos, DBO, DQO, sólidos dissolvidos e turbidez violaram em algum período as diretrizes para reúso e para lançamento em corpo receptor. Porém, para os parâmetros indicadores de matéria orgânica observou-se a redução acima de 86%, evidenciando resultados satisfatórios ao corroborar ao critério de eficiência de remoção da legislação vigente. Portanto, sendo realizado os ajustes

sugeridos neste estudo, é evidenciado a possibilidade de reuso da água residuária tratada para fins menos nobres e não potáveis.

Palavras-chave: Água residuária. Autoclave. Resíduos de saúde. Reutilizar.

**EVALUATION OF THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF AUTOCLAVATION OF
WASTE FROM HEALTH SERVICES AND THE EFFLUENT TREATMENT
STATION FOR REUSE PURPOSES**

ABSTRACT

The characterization of the effluent is important for the definition of a technology that is efficient in its treatment, making the reuse option a possibility for the equipment. The Effluent Treatment Station (ETE) of the company under study was designed to treat 10m³ / day of effluents from the autoclaving of healthcare waste (RSS). The ETE is composed of preliminary level / solids detention, biological treatment (Ascending Flow Anaerobic Reactor and activated sludge) and advanced treatment (activated carbon filter and disinfection). The analyzes evaluated to assess the treatability and reuse of wastewater were based on the compilation of some legislation that establishes the specific conditions for the release of effluents into the water body and for the practice of reuse, namely: DN COPAM / CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008); NBR ABNT 13.969 / 1997 (ABNT, 1997) and DN CERH-MG 65/2020 (MINAS GERAIS, 2020). An autoclave presented variation in the operational efficiency results, confirming the result of “non-significant” (ns) constructed using the Mann-Whitney U test. The mineral and vegetable parameters, pH, temperature, free residual chlorine and E.coli, results within the recommendations for reuse and release of effluents into the receiving body. Suspended and sedimentable solids, despite presenting an annual average within the guidelines, obtained maximum values above the recommended and/or determined values. The other parameters such as tensoactive agents, BOD, COD, dissolved solids and turbidity violated at some time as guidelines for reuse and for release into the receiving body. However, for the indicator parameters of organic matter there was a reduction above 86%, evidencing the satisfactory results in corroborating the removal efficiency criterion of the current legislation. Therefore, with the adjustments suggested in this study, the possibility of reusing treated wastewater for less noble and non-potable purposes is evidenced.

Keyword: Wastewater. Autoclave. Health waste. Reuse.

1. INTRODUÇÃO

Com a necessidade cada vez maior por demanda de água, o preço por este insumo, que também teve seu aumento, induziu a indústria a buscar alternativas que solucionasse ou minimizasse este problema. Uma das medidas é reaproveitar seus próprios efluentes de maneira a reduzir este custo (ESTENDER *et al.*, 2015).

Bastos *et al.*, (2014) comentam que para a prática de reúso, ainda existe controvérsias quanto ao padrão que um efluente precisa ter para que atinja uma qualidade que garanta a segurança sanitária, podendo este, ainda apresentar chance de conter risco à saúde. Neste sentido, se faz necessário definir a intenção do uso final da água residuária tratada para que se estabeleça o tratamento mais adequado, podendo esse ser mais ou menos restritivo (VON SPERLING, 2014 e ESTENDER, 2015). Mierzwa (2002) complementa relatando sobre a importância da indústria em desenvolver um modelo de gerenciamento de suas águas e efluentes, o qual deve priorizar ações que requerem menos recursos financeiros e que sejam menos complexas, sem deixar de lado o comprometimento que a empresa possui com as questões ambientais a longo prazo. O importante para este caso é que as diretrizes e padrões estipulados pela legislação competente, sejam sempre atendidos.

Von Sperling (2014) menciona que para efluentes de origem doméstica e industrial, o tratamento biológico é o mais utilizado devido sua eficiência na remoção de matéria orgânica e sólidos em suspensão. A exemplo, o processo de lodos ativados, está entre os tipos de tratamento biológico que pode atingir até 95% de remoção de DBO (JORDÃO, 2015).

De acordo com os autores Amorim (2015) e Da Silva (2018), na análise da tratabilidade de águas residuárias, alguns fatores como: carga orgânica, relação DBO/DQO, temperatura, Sólidos Solúveis Totais (SST), Óleos e graxas, pH e toxicidade do efluente, devem ser levados em consideração. Ambos os autores relatam sobre resultados insatisfatórios para o tratamento de água residuária por meio de processo anaeróbio, devido a presença de substâncias tóxicas que contribuem para a ineficiência de remoção da matéria orgânica. Contudo, Da Silva (2018), relata que, para tratamento biológico aerado de fluxo ascendente, a qualidade da água apresenta satisfatória quando comparados às legislações brasileiras vigentes; apontando então, para a possibilidade de reúso não potável desta.

Neste cenário, a caracterização da água residuária bem como a relação DBO/DQO para avaliar o nível de biodegradabilidade, é fator importante para definição de qual tipo de tratamento é o mais adequado para alcançar a tratabilidade desejada. Deste modo, considera-se que um processo físico-químico seguido de biológico por lodos ativados, é a melhor alternativa quando se deseja um reúso mais exigente.

A estação de tratamento de efluentes retratada como objeto de estudo, desta pesquisa, utiliza os níveis de tratamento preliminar, secundário (biológico) e avançado; os quais possuem a finalidade de promover a separação de sólidos, a remoção da matéria orgânica contaminante por meio da digestão de microrganismos e a filtragem final, respectivamente.

O presente trabalho tem como objetivo avaliar a tratabilidade da água residuária da autoclavação de resíduos sólidos de serviços de saúde a fim de que possa ser reutilizada para fins não potáveis. Também é previsto avaliar a possibilidade de lançamento em corpo receptor, caso os padrões para o reúso não sejam atendidos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde da empresa Viasolo, localizada no município de Betim, região metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais. A UTRSS dispõe de duas autoclaves que operam diariamente, exceto aos domingos, tratando em média 148 toneladas de RSS mensalmente.

O consumo de recursos hídricos para a autoclavação é em média 118 m³ de água potável disponibilizada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA). Esta água possui qualidade compatível com a água potável (consumo humano). O valor consumido é obtido por meio da leitura mensal realizada pela própria COPASA, a qual disponibiliza o histórico na própria conta. Por outro lado, é gerada uma média mensal de 60 m³ de água residuária durante o processo de esterilização a vapor dos RSS. O efluente é direcionado para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), também instalada na UTRSS, a qual é responsável por realizar o tratamento de aproximadamente 5m³ de água residuária por dia.

A UTRSS é licenciada para a operação de autoclavação de resíduos de serviços de saúde, por meio da Licença Ambiental Simplificada (LAS/RAS) a qual possui

condicionantes a serem cumpridas durante sua vigência, sendo que o efluente industrial gerado, deve ser devidamente tratado antes do destino final.

2.1. Estação de Tratamento de Efluentes (ETE)

No ano de 2019, foi instalada na empresa Viasolo, uma Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), projetada para atender uma vazão diária de 10 m³/dia, na qual atualmente é utilizada cerca de 50% de sua capacidade. O sistema de tratamento completo foi projetado para obtenção de efluente tratado com eficiência de remoção em torno de 90% da carga de DBO. O sistema busca transformar a matéria orgânica poluidora em subprodutos, de forma que o efluente gerado pela autoclave impacte o menos possível o meio ambiente, contribuindo para a redução da poluição ambiental e bem-estar da comunidade em geral.

A ETE possui tanques confeccionados com resina de poliéster reforçada em fibra de vidro, além das tubulações, bombas e demais equipamentos elétricos. O processo é contínuo e avaliado por meio de monitoramentos que evidenciam a qualidade da água residuária tratada.

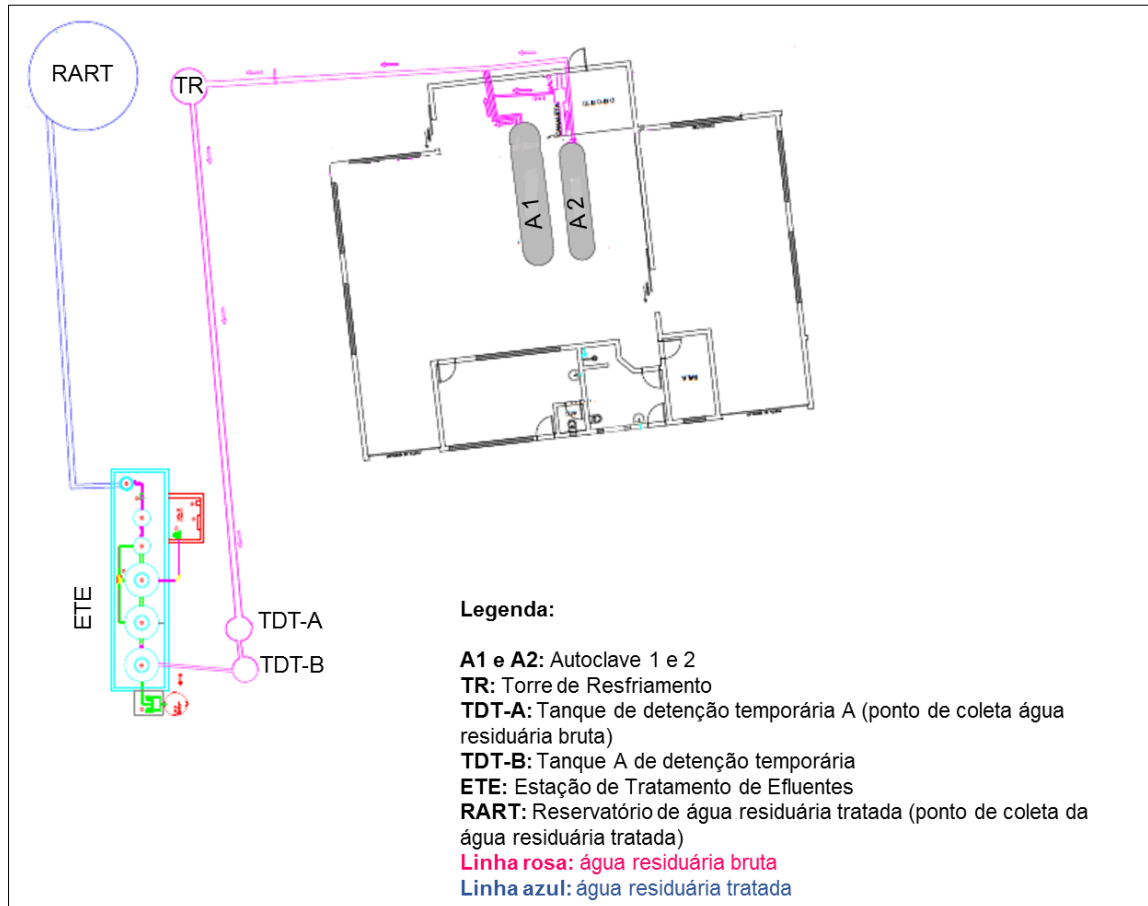
2.1.1. Geração e resfriamento da água residuária após autoclavação

Devido a atual situação locacional da UTRSS, a qual encontra-se com a rede de esgoto mais próxima localizada na rua lateral à empresa, para lançamento de efluentes em rede coletora, torna-se necessário a solicitação/autorização de passagem deste ramal de esgoto para o proprietário do lote lateral bem como a solicitação de ligação deste ramal à COPASA.

Toda água residuária gerada do processo de autoclavação é destinada para empresa terceira, contratada para realizar coleta, transporte, tratamento e destino final. Esta prestação de serviço além de gerar custo para a empresa também a limita na possibilidade de reúso não potável da água residuária tratada, dentro da própria empresa. Esta tem sido a forma de destinação final dos efluentes até que se obtenha um resultado satisfatório para a tratabilidade da ETE a fim de que se possa definir uma opção viável e eficiente para reutilização da água residuária tratada, mesmo que para fins menos nobres.

A Figura 22 demonstra o fluxo após a geração de efluente nas autoclaves até à estação de tratamento de efluentes (ETE).

FIGURA 22 - FLUXOGRAMA DA GERAÇÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA BRUTA ATÉ À ETE



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

O vapor condensado é liberado pela autoclave durante a etapa de exaustão, por apresentar uma temperatura de aproximadamente 45 °C, necessita passar por um sistema de resfriamento (Figura 23) antes de seguir para a ETE. Esta etapa é necessária para que o efluente apresente característica que favoreça a formação de microrganismos para a degradação da matéria orgânica presente no efluente. Após seu resfriamento, a temperatura é de aproximadamente 36°C.

FIGURA 23 - TORRE DE RESFRIAMENTO E RESERVATÓRIO DE EFLUENTE

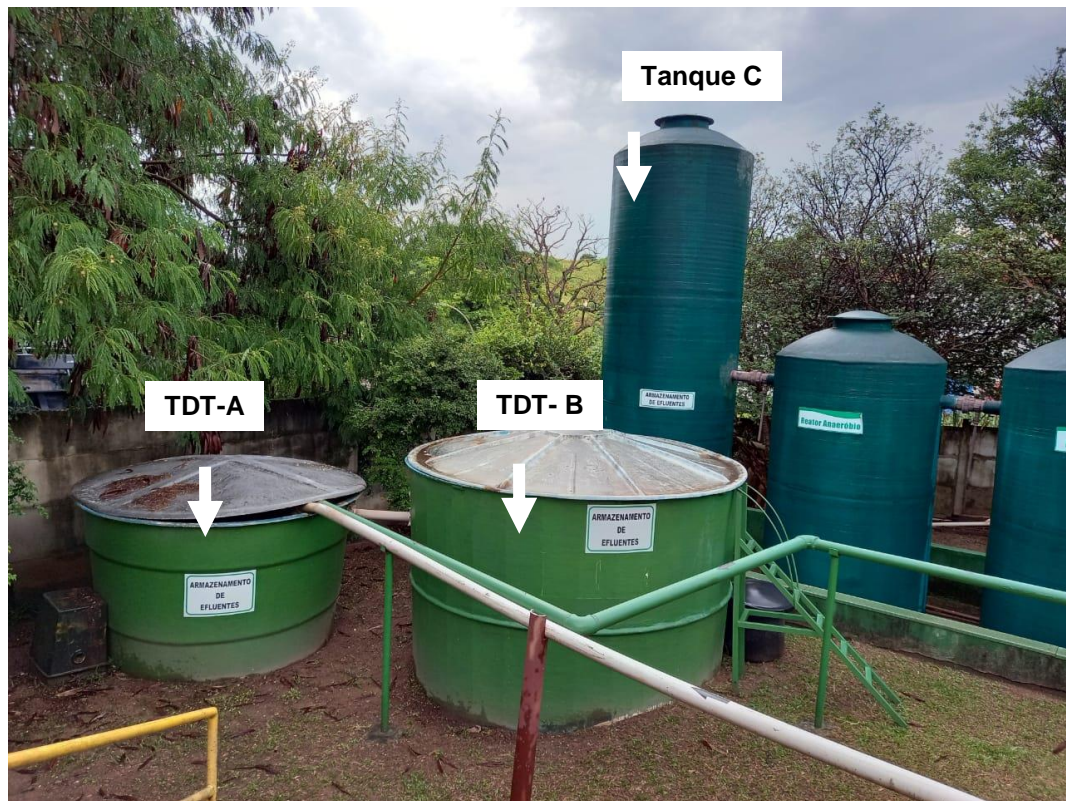


Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

2.1.2. Tratamento preliminar

O efluente escoar por gravidade da torre de resfriamento até os tanques de detenção temporário TDT-A e TDT-B (Figura 24), que possuem capacidade de 5m³ e 20m³, respectivamente. Os tanques já se encontravam instalados na empresa antes da aquisição da ETE. Esses tanques serviam para armazenamento do efluente para posterior coleta e tratamento por empresa terceirizada. Na época da aquisição da ETE, foi definido por mantê-los a fim de agir como tratamento preliminar na separação de sólidos por decantação e aumentar o tempo de detenção do efluente para formação de microrganismos. O efluente que chega no tanque A é direcionado para o tanque B por gravidade, e deste, é bombeado para o tanque C (equalização de vazões), o qual possui capacidade de 6m³ (Figura 3). O tanque C tem como objetivo de armazenar o efluente para ser transferido de forma contínua para a etapa seguinte que contempla o início do tratamento biológico. Sempre que o nível do efluente dentro da elevatória estiver alto, automaticamente a bomba de nível é acionada enviando o efluente para o tanque anaeróbio.

FIGURA 24 - TANQUES DE DETENÇÃO A, B E TANQUE C



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

2.1.3. Reator anaeróbio

No reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA) (Figura 25), a matéria orgânica expressa em Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é convertida a compostos mais simples e degradáveis pelas bactérias anaeróbias em condições de ausência de oxigênio. A entrada do efluente no reator acontece de baixo para cima (fluxo ascendente) fazendo com que o efluente passe pela camada de lodo (massa de microrganismos) depositada no fundo do tanque, garantindo a atuação efetiva dos microrganismos no processo de tratamento.

Conforme estimado em projeto, o reator possui capacidade de 6 m³, eficiência máxima de remoção para DBO e DQO de 70% e seu tempo médio de detenção hidráulica (TDH) é de 7,5 horas.

2.1.4. Reator aeróbio

A próxima etapa do tratamento ocorre no reator aeróbio (Figura 25) que, em associação ao decantador secundário, caracteriza-se como processo de lodos ativados com aeração, permitindo a remoção de compostos orgânicos e nitrogênio na forma solúvel. Esta etapa possibilita índices de remoção de matéria orgânica poluidora expressada em DBO próximos de 90%. O TDH é 7,5 horas e sua capacidade também é de 6 m³.

O reator aeróbio possui um sistema de distribuição de ar constituído por difusores de bolhas e compressor radial. O compressor envia o ar atmosférico através da tubulação galvanizada até os difusores de ar, uniformemente distribuídos, e instalados no fundo do reator. O ar é liberado em forma de bolha finas para se misturar ao efluente. O objetivo, além de manter o líquido homogeneizado, é transferir oxigênio a fim de garantir a manutenção da vida aeróbia no tanque.

2.1.5. Decantador secundário

O decantador possui capacidade de 2,4 m³ e TDH média de 2,5 horas.

O efluente chega ao decantador secundário (Figura 25) por gravidade e com baixa turbulência, permitindo que os sólidos presentes no efluente sedimentem no fundo do tanque, formando também uma massa de lodo biológico. A massa de lodo sedimentada é recirculada de forma controlada através de bombas de circulação de lodo, sendo encaminhada ao reator aeróbio para ser estabilizado e para manter o número de sólidos e microrganismos equilibrado dentro do sistema. Essa é uma grande vantagem do sistema, pois diminui a produção final de lodo biológico, reduzindo custos com disposição final.

Bimestralmente é avaliado a quantidade de lodo para verificação do Índice Volumétrico do Lodo (IVL), devendo apresentar resultado entre 50 e 100 ml/L. O lodo excedente é coletado por empresa terceirizada e encaminhado para destinação final em aterro sanitário. O líquido já clarificado, segue então para etapa seguinte.

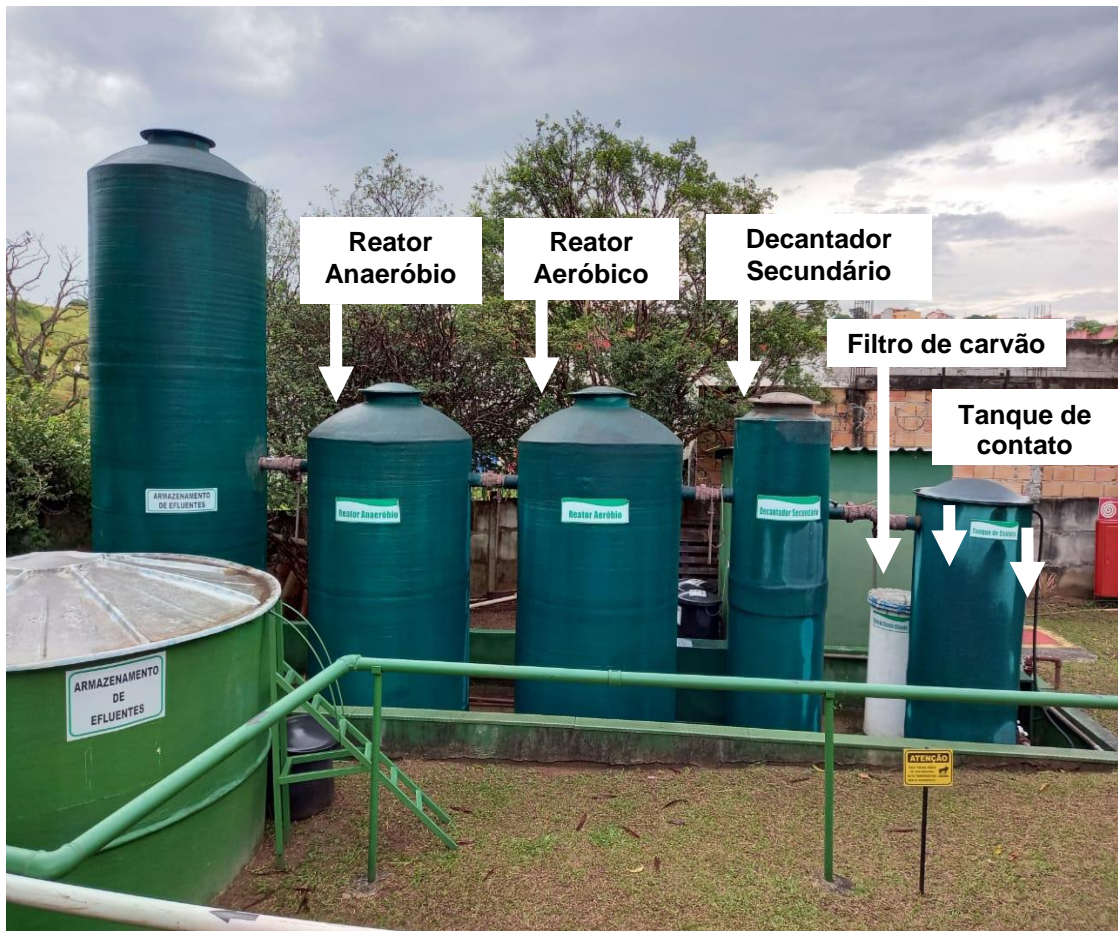
2.1.6. Tanque de contato

O tanque de contato é a primeira etapa do tratamento avançado, representada pela desinfecção do efluente por meio da adição de hipoclorito de sódio (cloro) por bomba dosadora. A cada nova demanda de efluente que chega no tanque de contato, a dosagem de cloro é reiniciada e permanece durante 30 minutos, pelo menos. É utilizado 250 gramas de cloro granulado para cada 100 litros de água. A água residuária, já tratada e desinfetada, segue então para o filtro de carvão ativado (Figura 25).

2.1.7. Filtro de carvão ativado

O filtro é considerado parte do tratamento avançado e representa a última etapa do processo da ETE. Este foi adicionado com o intuito de servir como um polimento final ao processo e para eliminar qualquer sujidade ainda existente.

O filtro possui capacidade de 1m³ e é composto por um material poroso de origem natural (Figura 25). De três em três dias é realizado a retro lavagem a fim de evitar a colmatção e entupimento do filtro. Essa limpeza dura de três a cinco minutos ou até o efluente sair com cor semelhante ao tanque de contato.

FIGURA 25 - SISTEMA BIOLÓGICO, TANQUE DE CONTATO E FILTRO DE CARVÃO ATIVADO

Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

A água residuária tratada segue então para o reservatório (Figura 26), com capacidade de 15m³, o que representa aproximadamente três dias de armazenamento. Atualmente a água residuária tratada permanece disponível para que uma empresa terceirizada e licenciada para este fim, realize o transporte e destino final ambientalmente adequado.

FIGURA 26 - RESERVATÓRIO DE ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA (RART)



Fonte: Arquivo da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S/A, 2020.

Para realização deste estudo, foram considerados alguns parâmetros para avaliação do tratamento conforme apontado nas legislações DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008), NBR ABNT 13.969/1997 (ABNT, 1997) e DN CERH-MG 65/2020 (MINAS GERAIS, 2020).

A coleta da água residuária bruta e tratada foi realizada mensalmente durante os anos de 2019 e 2020, por meio de amostragem simples, onde todas as análises seguiram os procedimentos estabelecidos por APHA (2012) (Tabela 10). As datas para a coleta ocorriam sempre entre segunda e sexta-feira em dias aleatórios, a fim de que a amostra abrangesse uma maior diversidade de características conforme recebimento dos resíduos para tratamento por autoclavação.

As amostras da água residuária bruta foram coletadas no tanque de detenção temporário (TDT-A) por três vasilhames de 1000 mL cada. Em seguida outras três amostras da água residuária tratada foram coletadas no reservatório de água residuária tratada (RART), com as mesmas medidas de 1000 mL em cada vasilhame. As amostras seguiram para o laboratório Engequisa Engenharia Química Sanitária e Ambiental Ltda, localizado em Betim/MG, certificada sob o nº 281.1/2017 pela Rede Metrológica de Minas Gerais, onde foram submetidas às etapas de análises.

As análises referentes à água residuária bruta foram realizadas com o intuito de obter o valor quantitativo característico de cada parâmetro, quanto as análises da

água residuária tratada foi realizada para avaliar a tratabilidade da estação de tratamento.

TABELA 10 - QUADRO-RESUMO DO PROGRAMA DE MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS DE ENTRADA E SAÍDA DA ETE

Parâmetro	Local da coleta da amostra para monitoramento	Frequência de análise	Método padrão
Agentes tensoativos	Entrada da ETE: TDT-A Saída da ETE: RART	Mensal	APHA (2012)
DBO			
DQO			
Óleos minerais			
Óleos vegetais			
Gorduras animais			
pH			
Sólidos em Suspensão			
Sólidos sedimentáveis			
Sólidos Dissolvidos			
Temperatura			
Cloro residual livre			
<i>E.coli</i>			
Turbidez			

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

A fim de atender o objetivo principal deste trabalho que é avaliar a tratabilidade da água residuária para fins de reuso menos nobres ou não potável, os parâmetros considerados para validação foram baseados nas determinações da legislação NBR ABNT 13.969/1997, a qual estabelece limites mais restritivos para pH e sólidos dissolvidos (SD). Além disso, a referida legislação define critérios para outros parâmetros que não são encontrados em outras legislações que também tratam sobre reuso, como: turbidez e cloro residual livre.

Outro parâmetro considerado foi *E.coli*, responsável por detectar a presença ou ausência de bactérias do grupo coliformes. A Deliberação Normativa CERH-MG 65/20, foi a legislação considerada para este parâmetro, pois estabelece critérios para reuso de água residuária tratada para atividades compatíveis com as que a empresa objeto de estudo possui como lavagem de veículos, pátio, controle de poeiras, entre outros. Segundo Morelli (2005) alguns parâmetros são viáveis para análise de

caracterização do efluente como: cor, turbidez, sólidos sedimentáveis, óleos e graxas e pH.

Conforme demonstrado na Tabela 11 e como complemento às legislações NBR ABNT 13.969/1997 (ABNT, 1997) e DN CERH-MG 65/20 (MINAS GERAIS, 2020), considerou-se a DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008), a qual estabelece padrões de lançamento mais rigorosos do que a legislação federal Resolução CONAMA 430/11 (BRASIL, 2011) para os parâmetros: agentes tensoativos, DBO, DQO, óleos minerais, óleos vegetais/gorduras animais, sólidos em suspensão (SS), sólidos sedimentáveis (SSed) e temperatura. Considerando que a legislação DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008) estabelece critérios para lançamento e não para reúso, optou-se por considerá-la a fim de obter uma maior abrangência de parâmetros, melhor caracterização do efluente e uma definição mais segura e eficiente do reúso.

TABELA 11 - QUADRO DEMONSTRATIVO DOS LIMITES DE CADA PARÂMETRO CONFORME LEGISLAÇÕES VIGENTES PARA REÚSO E LANÇAMENTO DE EFLUENTE EM CORPO RECEPTOR

Parâmetros	Unidade de medida	Padrão de Lançamento DN COPAM/CERH nº 01/2008 ¹⁸	Diretrizes de Reúso		
			NBR ABNT 13.969/1997 Classe d ¹⁹	DN CERH-MG 65/2020 ²⁰	
		CI 1 ²¹	Uso Lim. ²²	Uso Amp. ²³	
Agentes tensoativos	mg/L	2	-	-	-
DBO	mg/L O ₂	Até ≤60mg/L ou eficiência mínima de 75% e média anual de remoção de 85%	-	-	-
DQO	mg/L O ₂	Até ≤180mg/L ou eficiência mínima de 70% e média anual de remoção 75%	-	-	-
Óleos minerais	mg/L	≤20	-	-	-
Óleos vegetais Gorduras animais	mg/L	≤50	-	-	-
pH	-	6 a 9	6 a 8	6 a 9	6 a 9
Sólidos em Suspensão	mg/L	≤100	-	-	-
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	-	<1	-	-
Sólidos Dissolvidos	mg/L	-	<200	-	-
Temperatura	°C	<40	-	-	-
Cloro residual livre	mg/L	-	Entre 0,5 e 1,5	-	-
<i>E.coli</i>	NMP/100ml	-	-	≤1x10 ³	≤1x10 ⁴
Turbidez	UNT	-	<5	-	-

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

¹⁸ NBR ABNT 13.969/1997: Lançamento de efluente em corpo receptor.

¹⁹ NBR ABNT 13.969/1997: Reúso de água residuária tratada.

²⁰ DN CERH-MG 65/ 2020: Reúso de água residuária tratada.

²¹ Classe I - Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.

²² Uso limitado: Lavagem de veículos especiais (tais como aqueles utilizados em coleta e transporte de resíduos sólidos domésticos, coleta seletiva, construção civil, mineração), lavagem externa de trens e aviões, controle de poeira, combate a incêndio, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgoto.

²³ Uso amplo: Permitido lavagem de praças, pátios, ruas e avenidas, estacionamentos e outros usos similares em áreas de acesso amplo ao público, além de lavagem de veículos comuns e uso predial comercial ou industrial (restrito a descargas sanitárias).

2.2. Testes de eficiência da autoclavação realizados em 2019 e 2020

Durante os anos de 2019 e 2020, foram tratados 3.536.385 kg de resíduos de serviço de saúde (RSS) correspondendo a 4.859 ciclos de tratamento, 907 indicadores biológicos, 18.656 indicadores químicos e 176 indicadores bowie-dick (Apêndice C). É possível observar os quantitativos referente a cada ano específico sendo que, no ano de 2019 foi tratado um total de 1.755.897 kg de RSS, realizados 2.295 ciclos de tratamento, 421 indicadores biológicos, 8.768 indicadores químicos e 76 indicadores bowie-dick evidenciando o denso controle e monitoramento que garantiu a eficiência da autoclavação. Já no ano de 2020 os valores apresentados respectivamente foram: 1.780.488 kg de RSS, 2.564 ciclos de tratamento, 486 indicadores biológicos, 9.888 indicadores químicos e 100 bowie-dick, também certificando que, por meio dos controles realizados, a eficácia do processo de autoclavação foi garantida.

Todos os testes realizados *in loco*²⁴, não apresentaram qualquer anormalidade que pudessem inviabilizar a esterilização por vapor.

Também foram realizadas 24 análises de inativação da carga microbiana (Apêndice D e E), uma a cada mês dos respectivos anos, pelo laboratório de microbiologia do Centro de Inovação e Tecnologia (CIT) SENAI FIEMG, Campus CETEC, localizado em Belo Horizonte, Minas Gerais. As análises demonstram resultados que comprovaram a ausência de crescimento microbiano após sete dias de incubação, atendendo a Resolução RDC nº 222 de 2018 (BRASIL, 2018), a qual estipula a redução de 4 log₁₀ na concentração de esporos. Como complementação ao teste de inativação microbiana, foi realizado a quantificação microbiana (QM) em quatro amostras durante o período analisado (Apêndice F). A contagem de cada microrganismo é representada separadamente indicando as quantidades antes e após a esterilização a vapor dos RSS. É possível identificar uma redução significativa nos valores após a esterilização quando comparado aos valores antes da esterilização, comprovando a eficiência de operação e a compatibilidade da autoclave a nível III de inativação microbiana conforme da previsto na legislação RDC ANVISA 222/2018 (BRASIL, 2018).

²⁴ *In loco*: Testes realizados pelos operadores de autoclave, dentro da UTRSS da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S.A.

Ressalta-se a relevância da realização destes testes para a comprovação da segurança operacional da autoclave após a esterilização, uma vez que, a sua falha pode comprometer a tratabilidade das águas residuárias como também apresentar riscos ao usuário quanto à possibilidade de reúso da água tratada.

2.3. Análise Estatística e Critérios Comparativos dos Dados

Para avaliação quantitativa dos parâmetros, efetuou-se a análise descritiva dos dados constatando estatísticas básicas como primeiro quartil, terceiro quartil, média, mediana, valor mínimo e valor máximo, comparando os resultados das concentrações entre as amostras das entradas e saídas da ETE, durante os anos de 2019 e 2020. Essa análise comparativa foi realizada por meio da elaboração de um Quadro Resumo para cada parâmetro escolhido com base nas legislações vigentes para reúso e lançamento de águas residuárias.

Para a realização dos testes estatísticos inferenciais, recorreu-se à análise de discussão dos dados de acordo com os pressupostos da distribuição normal. As análises da normalidade foram executadas utilizando-se o software R (versão 4.1.0), confirmando que a distribuição normal não se aplicou às amostras independentes. Fato já esperado conforme exemplos na literatura especializada (OLIVEIRA, 2006).

Após a análise da discussão dos dados, recorreu-se a métodos não paramétricos para avaliação entre as amostras independentes das entradas (2019 e 2020) e saídas (2019 e 2020). Recorreu-se também a um escopo de métodos inferenciais, constatando que não foram encontradas diferenças estatisticamente significativas – teste de Mann-Whitney U.

Como forma de contribuir na interpretação e discussão dos dados, foram elaborados gráficos boxplot, os quais demonstram os valores encontrados nas entradas e saídas dos anos de 2019 e 2020, de todos os parâmetros analisados, além de referenciar nos mesmos, aos valores determinados pela legislação DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008), e recomendados pelas portarias NBR ABNT 13.969/1997 (ABNT, 1997) e/ou DN CERH-MG 65/2020 (MINAS GERAIS, 2020), sendo todas vigentes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estação de tratamento de efluentes instalada na empresa objeto de estudo possui um sistema robusto quando observado alguns estudos científicos. O tratamento preliminar, que consiste basicamente de uma operação física, é responsável por evitar que qualquer tipo de sólido seja direcionado à ETE causando danos ao equipamento (METCALF & EDDY, 2016). O reator anaeróbio possui vantagens devido ao baixo consumo de energia, baixa produção de lodo, e simplicidade na instalação, operação e manutenção. Porém, não é tão eficiente na remoção de matéria orgânica, patógenos e nutrientes, podendo não atender aos critérios estabelecidos pela legislação para lançamento em corpos d'água por exemplo (MELO, 2014). No entanto, um tratamento biológico que possui associados os reatores anaeróbios e aeróbios, dispõem de um potente sistema na remoção da matéria orgânica residual, bem como a remoção do nitrogênio e de outros poluentes e microrganismos que, porventura, estiverem presentes (ASADI *et al.*, 2012). Importante ressaltar que o reator aeróbio possibilita índices de remoção de matéria orgânica poluidora próximos de 90%, representando uma elevada eficiência de tratamento (MELO, 2014). Como complemento, ainda é possível obter níveis eficientes de remoção nos valores para SST, DBO e DQO na próxima etapa da ETE, a qual é representada pelo decantador secundário (PONTES *et al.*, 2006 e AISSE *et al.*, 2001).

Como o efluente avaliado é originado por meio do tratamento de resíduos de serviços de saúde, considera-se importante a remoção de coliforme total e *E.coli*, o que se torna possível com a etapa de desinfecção ocorrida no tanque de contato (SILVA *et al.*, 2011).

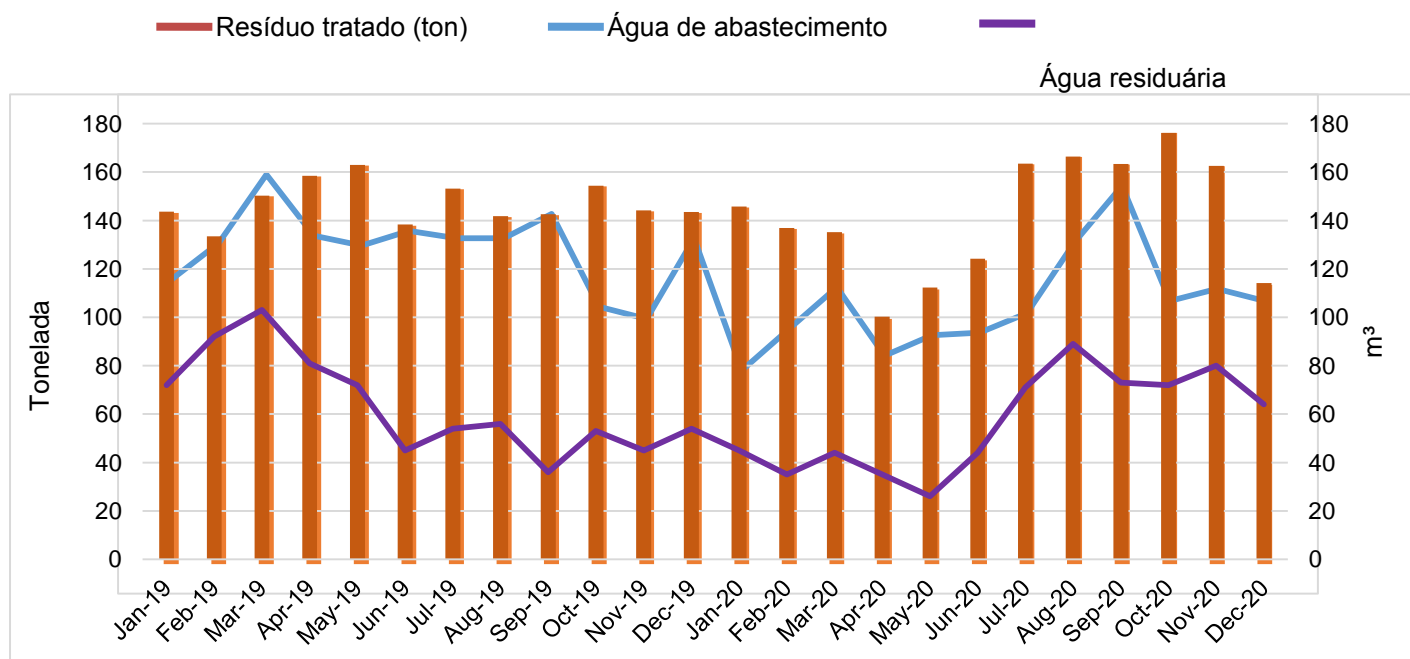
Conforme Mancuso *et al.*, (2003) e Linhares (2017), a última etapa da ETE, a qual é composta pelo filtro de carvão ativado, é considerada fase de alto nível para remoção de materiais orgânicos solúveis que podem não ter sido eliminados nos processos que o antecedem. O filtro pode ser utilizado após um tratamento biológico ou um tratamento físico-químico, sendo indicado para sistemas de qualquer porte (MANCUSO *et al.*, 2003). Linhares (2017) ainda complementa descrevendo que associando o filtro com um sistema de desinfecção, o efluente tratado pode atender aos padrões exigidos para fins de reúso.

3.1. Caracterização das águas residuárias bruta e tratada da ETE

Durante os anos de 2019 e 2020, foi realizado o acompanhamento do consumo de água de abastecimento – fornecida pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA) - da quantidade de RSS tratados, da geração de efluentes e a caracterização físico-química do efluente bruto antes e após o processo de autoclavação.

Na realização do estudo de caracterização, foi verificado a relação do consumo de água de abastecimento das duas autoclaves em função da quantidade de resíduos tratados, o qual aponta a média anual de 0,822 m³/t e Desvio Padrão (DP) de 0,13, conforme Figura 27.

FIGURA 27 - QUANTIDADE DE RSS TRATADOS (T) EM RELAÇÃO AO CONSUMO DE ÁGUA DE ABASTECIMENTO (M³) E ÁGUA RESIDUÁRIA (M³)



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

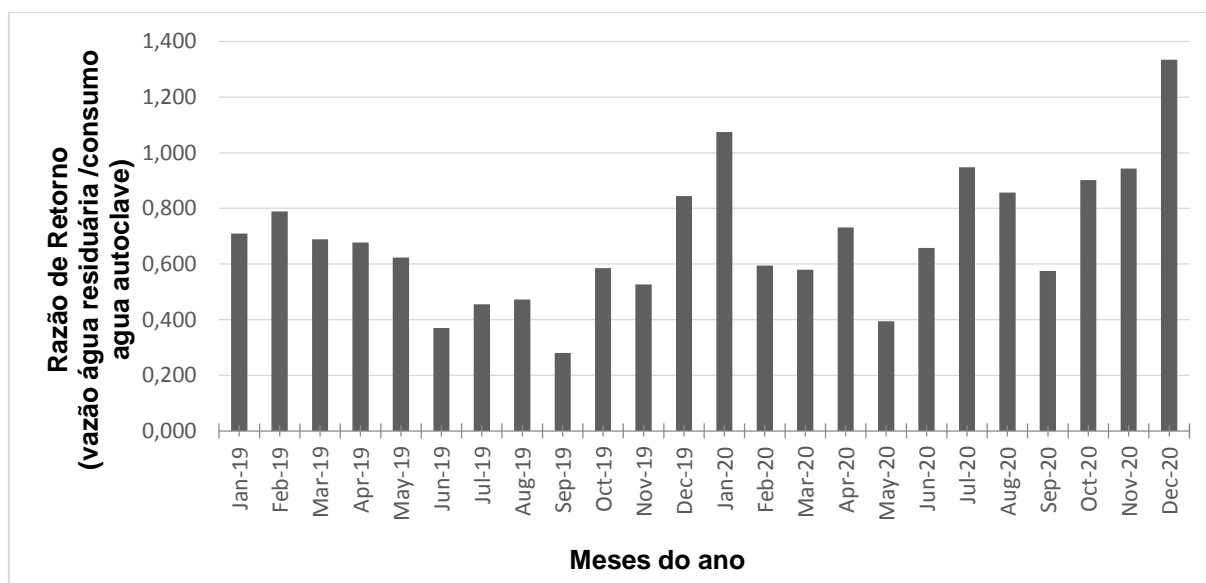
Em relação à geração de águas residuárias por tonelada de resíduos tratados, o que se observa é uma média anual 0,406 m³ (DP de 0,12) de efluentes (Figura 6). Percebe-se uma perda de 0,416 m³ de água durante o processo de tratamento quando comparado à demanda de água de abastecimento, o que se pressupõe ocorrer, principalmente, na etapa de exaustão do ciclo na forma de vapor. Outro fator considerável sobre a perda de água durante o processo de autoclavação é o tipo do

resíduo de serviço de saúde presente, ou seja, quanto maior a capacidade de absorção de água, menor a geração de efluente.

Considerando que em cada ciclo de autoclavação são tratados aproximadamente 600 kg de resíduos e consumidos 0,411 m³ de água de abastecimento para apenas uma autoclave, quando comparado ao consumo previsto pelo fabricante no dimensionamento do vaso de pressão (autoclave), que é de 0,45 m³, pode-se constatar que o resultado está dentro dos padrões considerados satisfatórios de operação (SANTOS *et al.*, 2014).

A razão de retorno, que consiste a relação entre a vazão de efluentes pela demanda de água de abastecimento, apresentou resultado médio anual de 0,507 (DP de 0,14), o que significa que 50,7 % da água consumida é transformada em águas residuária e, 49,3 % é perdida ou incorporada aos resíduos que serão destinados ao aterro sanitário (Figura 28).

FIGURA 28 - RAZÃO DE RETORNO (VAZÃO DA ÁGUA RESIDUÁRIA / CONSUMO DE ÁGUA AUTOCLAVE)



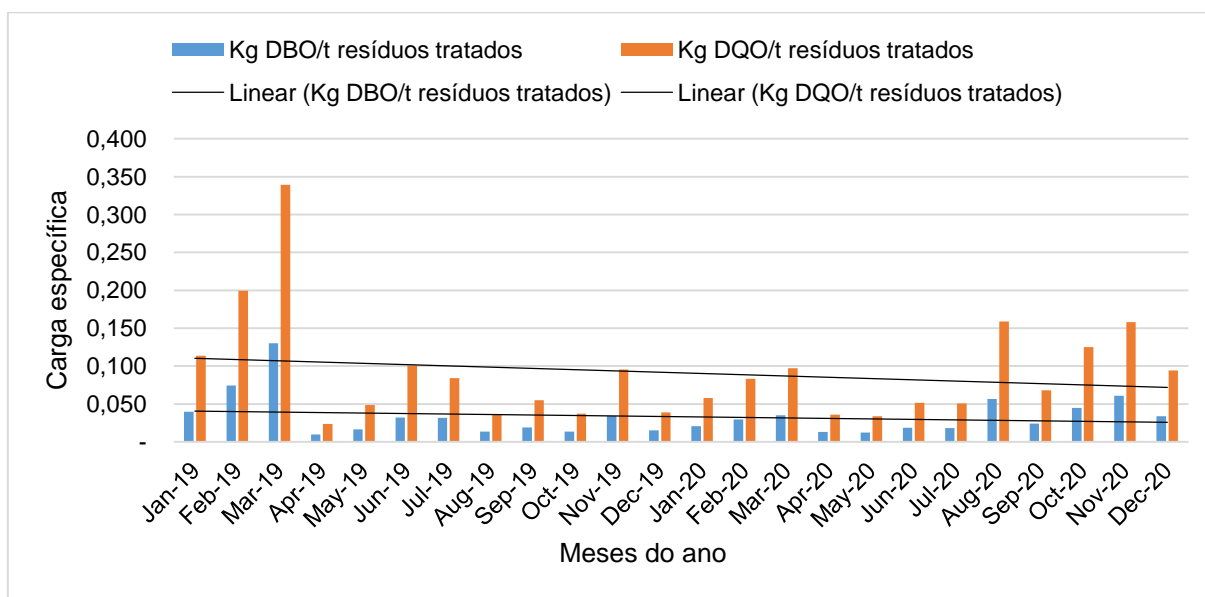
Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

3.2 Tratabilidade da água residuária

Na relação da carga específica de DBO por tonelada de RSS tratado foi constatada a média anual de 0,033 kg/t (DP de 0,027) e para DQO de 0,091 kg/t (DP de 0,070). Os valores médios de concentração de DBO e DQO do efluente tratado foram de 76,29 mg/L (DP de 38,28) e 211,46 mg/L (DP de 103,62) (Figura 29). O

esgoto doméstico, por exemplo, apresenta valores em torno de 300 mg/L e 600 mg/L, respectivamente (SILVA, 2014). Cabe destacar que, esse é um fator imprescindível para os cálculos de dimensionamentos das estações de tratamentos de águas residuárias, sendo possível projetar estações de tratamento com características similares ao do empreendimento em questão.

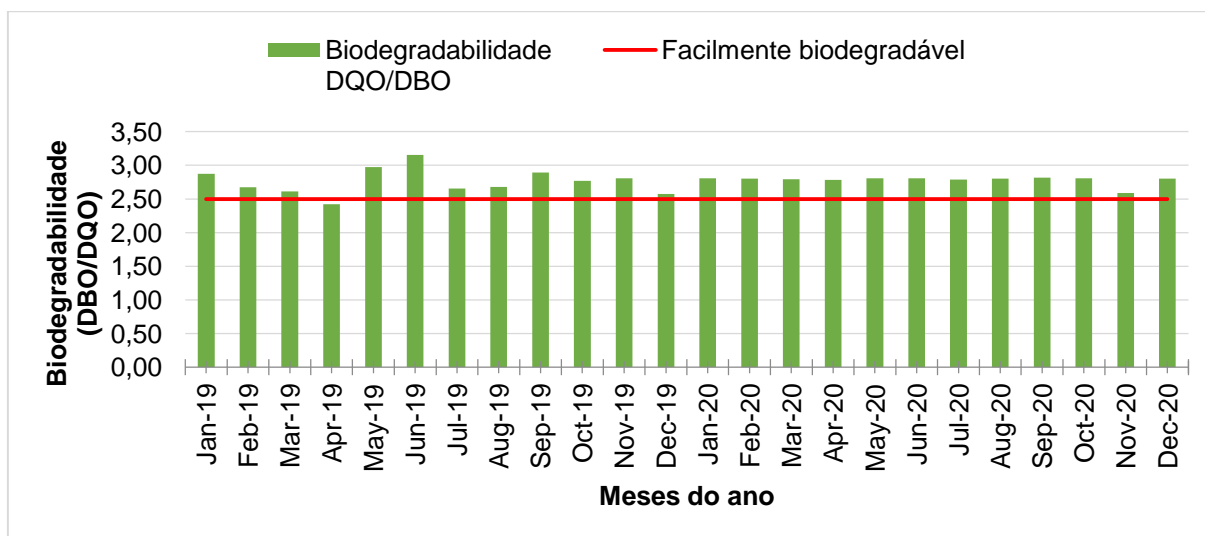
FIGURA 29 - CARGA ESPECÍFICA (DBO OU DQO / QUANTIDADE DE RESÍDUOS TRATADOS)



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

A média anual de biodegradabilidade (relação DQO/DBO) (Figura 30), no período analisado, foi de 2,77 (DP de 0,144) ou seja, um pouco maior que 2,5, indicando que a fração biodegradável não é elevada, o que sugere a indicação de estudos de tratabilidade para verificar viabilidade do tratamento biológico (METCALF & EDDY, 2016).

FIGURA 30 - BIODEGRADABILIDADE (DQO/DBO)



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

É importante ressaltar que a segregação incorreta dos RSS no gerador pode contribuir para a interferência no tratamento por autoclavação e conseqüentemente na ineficiência da estação de tratamento; sendo que a ausência ou a carência do monitoramento destes resíduos durante seu tratamento, também é um fator determinante para que isso ocorra (SILVA *et al.*, 2014 e COSTA *et al.*, 2019). Inclusive, para que uma empresa obtenha a gestão eficiente de suas águas, uma das ações que se faz necessária, é a caracterização de sua água residuária (MIERZWA, 2002). Junto a isso, a realização de testes que evidenciem a eficiência da autoclavação é mais uma contribuição para a boa operação da ETE.

3.3 Análise estatística dos resultados

É possível avaliar as características do processo de autoclavação, ao comparar os resultados da ETE de 2019 e 2020. Nota-se que a autoclave apresentou uma eficiência operacional semelhante devido à pouca variação nos resultados entre os anos analisados. Ou seja, o efluente bruto gerado após a esterilização dos resíduos de serviços de saúde (RSS), mantiveram características semelhantes, confirmando inclusive, o resultado de “não significativo” (ns) obtido por meio do teste de Mann-Whitney U.

3.4 Análise dos resultados de atendimento aos padrões de reúso de água residuária

3.4.1. Potencial Hidrogênio (pH)

Conforme estabelecido pela NBR ABNT 13.969/1997 (ABNT, 1997) a qual determina o limite de 6 a 8 para reúso da água residuária tratada, e 6 a 9 para lançamento de efluente em corpo receptor, conforme DN CERH-MG 65/20 (MINAS GERAIS, 2020), observa-se que é necessário que o resultado da água residuária apresente caráter mais próximo do neutro.

Conforme demonstrado no gráfico boxplot, os resultados atenderam ambas as legislações, apresentando média anual de 7,18 para o ano de 2019 e 6,86 para 2020 (Figura 31).

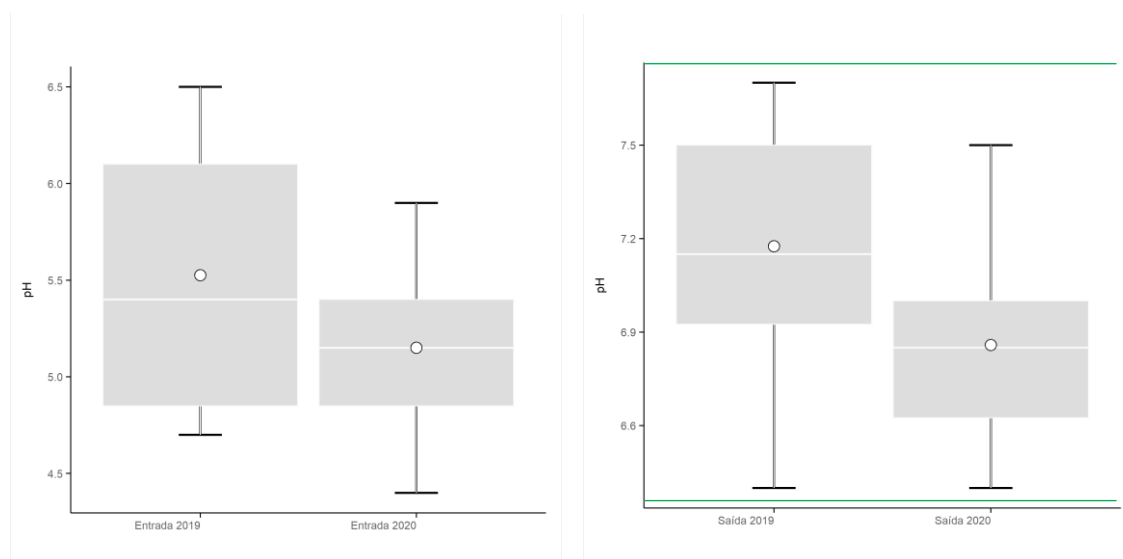
Destaca-se também os resultados máximos encontrados, os quais apresentaram valores de 7,7 no ano de 2019 e 7,5 em 2020, confirmando, inclusive, que não houve violação das diretrizes para reúso em nenhum mês analisado.

Os autores Rosa *et al.*, (2011) por meio de seu estudo de caracterização de águas residuárias oriundas de empresas de lavagem de veículos, descrevem que a média encontrada nos empreendimentos analisados é de 8,3, demonstrando que, além de atender à Resolução CONAMA 357/05 (BRASIL, 2005), a qual foi base de referência para esses autores, o resultado também apresentou similaridade com os valores obtidos neste estudo de caso.

Também se observa semelhança entre os resultados deste estudo de caso com os dos autores FIORI, *et al.*, (2020), os quais fazem uma avaliação quali-quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. O resultado de pH para esta água residuária é de 7,05, demonstrando uma proximidade ainda maior quando comparada aos resultados dos autores Rosa *et al.*, (2011).

Ao analisar os resultados qualitativos das águas cinzas, Fiori, *et al.*, (2020), descrevem que para promover o reúso de águas residuária para fins não nobres, um tratamento secundário seguido por filtração e desinfecção seria adequado. Desta forma, observa-se uma afinidade ao sistema implantado pela empresa objeto de estudo deste trabalho.

FIGURA 31 - GRÁFICO BOX-PLOT E QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE AO PH, NOS ANOS DE 2019 E 2020.



Quadro resumo para o parâmetro pH				
Valores	Característica do processo de autoclavação		Desempenho da ETE	
	Entrada da ETE (ETEe)		Saída da ETE (ETEs)	
	(2019)	(2020)	(2019)	(2020)
Mínimo	4,70	4,40	6,40	6,40
Q1	4,85	4,85	6,93	6,63
\bar{X}	5,53	5,15	7,18	6,86
Md	5,40 ^{ns}	5,15 ^{ns}	7,15 ^{ns}	6,85 ^{ns}
Q3	6,10	5,40	7,50	7,00
Máximo	6,50	5,90	7,70	7,50
Conclusão do teste estatístico inferencial	ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,75).		Significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,98).	

Legenda: Gráfico box-plot: ○ média; 75% Máx.; 25% Mín. ;

Md.: mediana; **1°Q_(1/4) = 25%:** primeiro quartil; **3°Q_(3/4) = 75%:** terceiro quartil;
Máx.: valor máximo; **Mín.:** valor mínimo; \bar{X} : média.
ns: não significativo
 Limite máximo permitido para o reúso das águas residuárias, conforme NBR ABNT 13.969/1997.

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

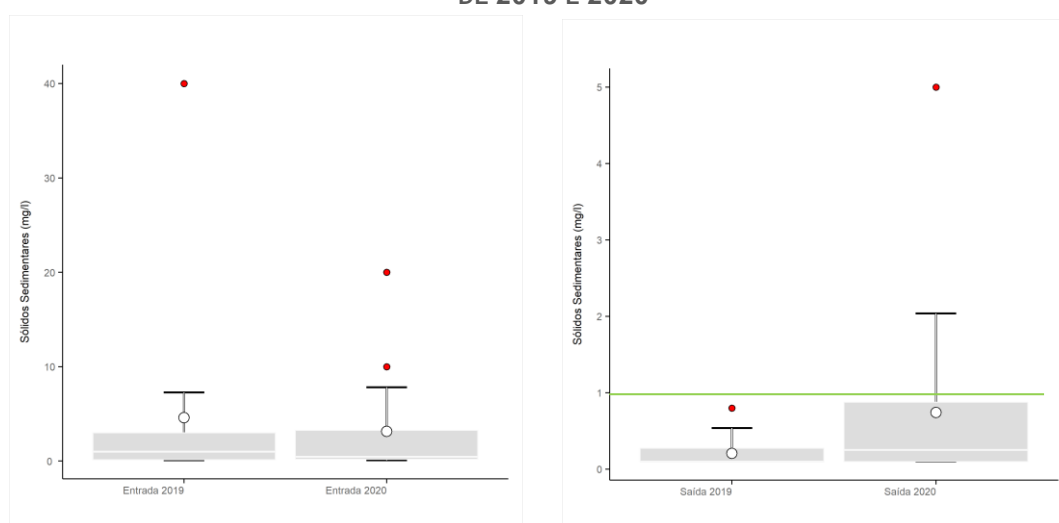
3.4.2. Sólidos sedimentáveis

Sabe-se que a remoção dos sólidos presentes nas águas residuárias são realizados por meio de tratamentos preliminares de ETE que garante eliminação do material poluente (MACHADO, 2016). Neste caso, como no Brasil o conhecimento

sobre tecnologias de tratamento de esgoto ainda é escasso (OLIVEIRA *et al.*, (2005a), as estações de tratamento são comumente projetadas para remover sólidos sedimentáveis (LAMEGO NETO *et al.*, (2011).

Ao analisar o resultado obtido na saída da ETE para o parâmetro sólidos sedimentáveis, os valores estiveram entre 0,10 ml/L e 0,80 ml/L em 2019 e 0,10 ml/L e 5 ml/L em 2020, apresentando grande amplitude dos dados (Figura 32).

FIGURA 32 - GRÁFICO BOX-PLOT E QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À SÓLIDOS SEDIMENTÁVEIS, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Quadro resumo para o parâmetro sólidos sedimentáveis (mg/l)				
Valores	Característica do processo de autoclavação		Desempenho da ETE	
	Entrada da ETE		Saída da ETE	
	(2019)	(2020)	(2019)	(2020)
Mínimo	0,10	0,10	0,10	0,10
Q1	0,15	0,20	0,10	0,10
\bar{X}	4,59	3,16	0,21	0,74
Md	1,00 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,25 ^{ns}
Q3	3,00	3,25	0,28	0,88
Máximo	40,00	20,00	0,80	5,00
Conclusão do teste estatístico inferencial	ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 1,00).		ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,63).	

Legenda: Gráfico box-plot: ○ média; ;

Md.: mediana; $1^{\circ}Q_{(1/4)} = 25\%$: primeiro quartil; $3^{\circ}Q_{(3/4)} = 75\%$: terceiro quartil;

Máx.: valor máximo; **Mín.:** valor mínimo; \bar{X} : média.

ns: não significativo

Limite máximo permitido para o reúso das águas residuárias, conforme NBR ABNT 13.969/1997.

Ao observar as médias anuais de 0,21 ml/L e 0,74 ml/L em 2019 e 2020, respectivamente, ambas estiveram dentro do limite estabelecido pela NBR ABNT 13.969/1997 (ABNT, 1997), a qual define limite de <1ml/L. Contudo, ao comparar os resultados com o estudo de Silva (2018), o qual avaliou a tratabilidade do efluente de uma indústria de bebidas, o resultado de 0,38 mg/L foi similar ao período analisado neste estudo de caso, estando todos bem abaixo do limite estabelecido pela legislação que permite o reúso da água residuária tratada.

No entanto, ao analisar o valor de mínima de 0,1 ml/L para os anos de 2019 e 2020, e máxima de 0,80 ml/L e 5 ml/L, respectivamente, nota-se semelhança com o estudo de Ossatto *et al.*, (2015) o qual apresentou mínima igual e máxima de 1,80 ml/L. O trabalho dos referidos autores trata-se da avaliação de desempenho de uma estação de tratamento de esgoto doméstico.

Especificamente no mês de março do ano de 2020, onde a concentração foi de 5 ml/L, confirma o descumprimento das diretrizes em algum período do ano.

Com base nessa observação, pode ser constatada a necessidade de um melhor controle da quantidade de lodo por meio da verificação do Índice Volumétrico do Lodo (IVL) do reator aeróbio, devendo esse apresentar resultado entre 50 e 100 mL/L, conforme recomendação de Von Sperling, (2014). Caso esse ultrapasse o limite ideal, o mesmo deve ser coletado por empresa terceira e encaminhado para destinação final em aterro sanitário.

Além disso, as bombas de circulação dos lodos ativados também devem ser avaliadas a fim de manter o nível de estabilização dos sólidos e microrganismos equilibrados dentro do sistema.

Outra ação indispensável é a correção do pH ácido encontrado na entrada da ETE, representado pelas médias anuais de 5,15 em 2019 e 5,53 em 2020. Identifica-se a necessidade de realizar o ajuste para um pH mais próximo do neutro, a fim de que a concentração dos sólidos sedimentáveis tenha menos interferências e atinja melhores resultados conforme limite estabelecido pelas diretrizes vigentes.

3.4.3. Sólidos dissolvidos

Para sólido dissolvido, parâmetro que iniciou a avaliação a partir do ano de 2020, o resultado da média anual foi de 667,92 mg/L, sendo superior ao limite

recomendado pela NBR ABNT 13.969/1997 de <200 mg/L (Tabela 12). Observa-se também que a média anual da entrada da ETE está bem próxima à da saída, não alcançando o objetivo de eficiência de remoção pretendida por meio do tratamento.

TABELA 12 - QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE AOS SÓLIDOS DISSOLVIDOS, NO ANO DE 2020

Quadro resumo para o parâmetro sólidos dissolvidos (mg/l)		
Valores	Características do processo da autoclavação	Desempenho da ETE
	Entrada da ETE (2020)	Saída da ETE (2020)
Mínimo	246,00	12,00
Q1	459,25	472,50
\bar{X}	607,00	667,92
Md	587,50	738,00
Q3	797,50	994,00
Máximo	1010,00	1144,00

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Entretanto, o resultado se mostrou inferior às médias de 1370 mg/L alcançada por Batista *et al.*, (2017), 2996,75 mg/L por Miguel *et al.*, (2018) e 3063 mg/L por Trevisani *et al.*, (2019). Os autores desenvolveram seus estudos com base em operações que geram água residuária de atividades da suinocultura, de usina sucroalcooleira e de indústria têxtil, respectivamente.

Como já mencionado para o parâmetro dos sólidos sedimentáveis, acredita-se que a correção do pH na entrada da ETE também contribuirá no ajuste dos resultados obtidos nos sólidos dissolvidos.

3.4.4. Cloro residual livre

Rezende (2016), define cloro residual livre como a concentração de cloro residual que existe sob a forma de ácido hipocloroso e íon hipoclorito. O tratamento por desinfecção é primordial para qualquer água que esteja ou possa estar contaminada por microrganismos patogênicos (MAY, 2009). Desta forma, para se obter a proteção da saúde pública, basta garantir a inativação seletiva destes microrganismos (JORDÃO *et al.*, 2014).

Conforme Tabela 13, o parâmetro cloro residual livre, avaliado durante o ano de 2020, apresentou mínima de 0,5 mg/L e máxima de 1,3 mg/L, demonstrando resultado satisfatório quando comparado aos limites estabelecidos pela NBR ABNT 13.969/1997 (ABNT, 1997), a qual estabelece limite entre 0,5 e 1,5mg/L para reúso em atividades enquadradas como classe 1²⁵; e mínimo de 0,5mg/L para reúso em atividades de classe 2²⁶.

TABELA 13 - QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE AO CLORO RESIDUAL LIVRE, NO ANO DE 2020

Quadro resumo para o parâmetro cloro residual livre (mg/l)		
Valores	Características do processo da autoclavagem	Desempenho da ETE
	Entrada da ETE (2020)	Saída da ETE (2020)
Mínimo	NR ²⁷	0,50
Q1	NR	0,70
\bar{X}	NR	0,87
Md	NR	0,80
Q3	NR	1,08
Máximo	NR	1,30

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Contudo, ao observar a mínima e máxima, percebe-se que em um mês específico o limite mínimo quase violou a legislação, sendo indispensável uma reavaliação do tempo de contato e da dosagem de cloro utilizada.

Conforme Gloria *et al.*, (2021), por meio do estudo de um sistema de tratamento de esgoto convencional para posterior reúso, foi observado que a concentração final de cloro reduz a medida que o tempo de contato é elevado. Os resultados apresentados pelo estudo dos autores são demonstrados por meio da Tabela 14, adaptada para este trabalho.

25 Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes (ABNT, 1997).

26 Classe 2: Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos (ABNT, 1997).

27 NR: Não Realizado.

TABELA 14 - CENÁRIOS PARA O CÁLCULO DA DOSAGEM DE CLORO NO SISTEMA DE DESINFECÇÃO

Parâmetro	Dosagem do cloro (mg/L)	Cloro presente (mg/l)	t(min)
Cenário 1	0,45	1,44	10
Cenário 2	0,45	0,80	20
Cenário 3	0,45	0,44	40

Fonte: Adaptado de Gloria *et al.*, (2021).

Ao comparar o Cenário 2 da tabela 14, onde apresenta resultado de 0,80 mg/L em um tempo de contato de 20 minutos, com o valor de 0,87 mg/L, o qual representa a média anual deste estudo de caso, observa-se uma melhor resposta ao avaliar a quantidade dosada com a dosagem e tempo de contato do cloro (Tabela 15).

TABELA 15 - COMPARAÇÃO DOS CENÁRIOS PARA O CÁLCULO DA DOSAGEM DE CLORO NO SISTEMA DE DESINFECÇÃO

	Dosagem do cloro (mg/L)	Cloro presente (mg/l)	t(min)
Glória <i>et al.</i> , (2021)	0,45	0,80	20
Empresa objeto de estudo	0,25	0,87	30

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021

Considerando os resultados obtidos neste estudo de caso, mesmo que nenhum valor tenha violado a legislação vigente e considerando a origem do efluente, destaca a necessidade de garantir segurança para os colaboradores que poderão utilizar a água de reúso. Em virtude disso, é fundamental avaliar a possibilidade de aumentar a dosagem de cloro, permanecendo inicialmente, com o mesmo tempo de contato já existente, a fim de que os resultados não apresentem valor mínimo tão próximo ao menor limite da legislação.

Ressalta-se ainda que, ao final da etapa de cloração, a água residuária segue para a etapa de polimento final no filtro de carvão ativado. Essa etapa é responsável por eliminar qualquer contaminante ainda existente no efluente. Acredita-se que o filtro possa ser o responsável pelo decaimento do cloro ao final do processo de tratamento da ETE, sendo necessário então, também reavaliar a posição em que ele se encontra no sistema.

3.4.5. *Escherichia coli*

Conforme é relatado por MAY (2009) em seu estudo sobre caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações, é previsto encontrar alguns microrganismos patogênicos como, por exemplo, bactérias da espécie *E.coli*.

Destaca-se que a análise desse parâmetro serve como indicador de contaminação fecal. Neste sentido, como a água residuária do atual estudo é proveniente da autoclavação de resíduos de saúde, ponderou a inclusão e permanência da análise a partir de janeiro de 2020.

Conforme quadro resumo da Tabela 16, o parâmetro apresentou resultado médio de 557,38 NMP/100mL no período analisado, apontando valor bem abaixo quando comparado ao resultado do estudo de Fiori *et al.*, (2006), o qual obteve média de $1,3 \times 10^5$ NMP/100mL para águas de cinzas provenientes de edificações e média de $4,0 \times 10^4$ para o efluente de esgoto tratado para fins de reúso agrícola, conforme estudo de Lambais *et al.*, (2020).

TABELA 16 - QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À *E. COLI*, NO ANO DE 2020

Quadro resumo para o parâmetro <i>E.coli</i> (NMP/100 ml)		
Valores	Características do processo da autoclavação	Desempenho da ETE
	Entrada da ETE (2020)	Saída da ETE (2020)
Mínimo	4,00	1,00
Q1	190,50	16,75
\bar{X}	1196,32	557,38
Md	960,00	261,00
Q3	2419,60	929,25
Máximo	2420,00	2419,60

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Percebe-se, que os valores mostram ampla variação na saída da ETE, apontando resultados entre 1 NMP/100mL a 2419,60 NMP/100mL. Ao avaliar a somente o valor máximo encontrado, constata-se que houve violação em algum mês

analisado para reúso da água residuária classificada na categoria limitado²⁸, a qual deve ser ≤ 1.000 NMP/100ml, mas não houve para categoria amplo, que estabelece ≤ 10.000 NMP/100ml, segundo DN CERH-MG 65/20 (MINAS GERAIS, 2020). Essa, foi a única legislação brasileira encontrada que estabelece limite para *E.coli* em águas residuárias com fins de reúso.

3.4.6. Turbidez

A análise para turbidez é necessária para identificar a presença de partículas que possam causar a obstrução em sistemas de tratamento. Conforme Silva *et al.*, (2011), quanto menor a concentração de turbidez, menor será o nível de poluente presente no efluente tratado.

O parâmetro avaliado a partir do ano de 2020, apresentou média anual de 17,58 UNT, o qual quando comparado ao estudo de Fonseca *et al.*, (2021), os quais avaliam a eficiência de tratamento antes e após a ETE do município de Catanduva (SP), apresentou média de 28,3 UNT e máxima de 36 UNT (Tabela 17).

TABELA 17 - QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À TURBIDEZ, NO ANO DE 2020

Quadro resumo para o parâmetro turbidez (UNT)		
Valores	Característica do processo da autoclavagem	Desempenho da ETE
	Entrada da ETE (2020)	Saída da ETE (2020)
Mínimo	22,00	10,00
Q1	72,50	11,25
\bar{X}	118,50	17,58
Md	105,00	16,50
Q3	120,00	23,75
Máximo	320,00	29,00

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

É interessante notar que não houve uma oscilação significativa entre os resultados da mínima, a qual apresentou valor de 10 UNT e a máxima, de 29 UNT na

²⁸ Categoria limitado: Lavagem de veículos especiais (tais como aqueles utilizados em coleta e transporte de resíduos sólidos domésticos, coleta seletiva, construção civil, mineração), lavagem externa de trens e aviões, controle de poeira, combate a incêndio, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgoto (MINAS GERAIS, 2020).

saída da ET da empresa objeto de estudo. No entanto, identificou-se que a máxima encontrada ultrapassa o limite de <5 UNT estabelecida pela NBR ABNT 13.969/1997 (ABNT, 1997).

Wu *et al.*, (2010), por meio do estudo que avalia os efeitos da cloração no efluente de esgoto, reportam que pode ocorrer elevação da turbidez se houver uma oxidação incompleta da matéria orgânica promovida pelo cloro, disponibilizando na água residuária alguns subprodutos orgânicos. Desta forma, Silva *et al.*, (2011) complementam que ao avaliar a concentração de turbidez no efluente tratado, deve-se considerar a possível influência da cloração que, nesse caso, apresentou alguns resultados bem próximo do limite mínimo exigido pela legislação vigente.

Com base na experiência operacional obtida ao longo dos anos avaliados, outra influência é quanto à acidez do pH identificado na entrada da ETE em ambos os anos avaliados. Realizando a correção do valor para mais próximo do neutro, espera-se obter um resultado de turbidez dentro do determinado pela legislação.

3.5 Análise dos resultados para fins de lançamento da água residuária

Os demais parâmetros foram comparados com os limites determinados na legislação DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008), a qual estabelece critérios para lançamento do efluente em corpos receptores. Ressalta-se que a legislação estadual foi considerada por ser mais restritiva que a legislação federal e por apresentar um acervo de parâmetros mais amplo não presentes nas legislações que descrevem sobre reúso da água residuária tratada. Desta forma, busca-se alcançar uma fundamentação mais sólida quanto à caracterização da água residuária em questão.

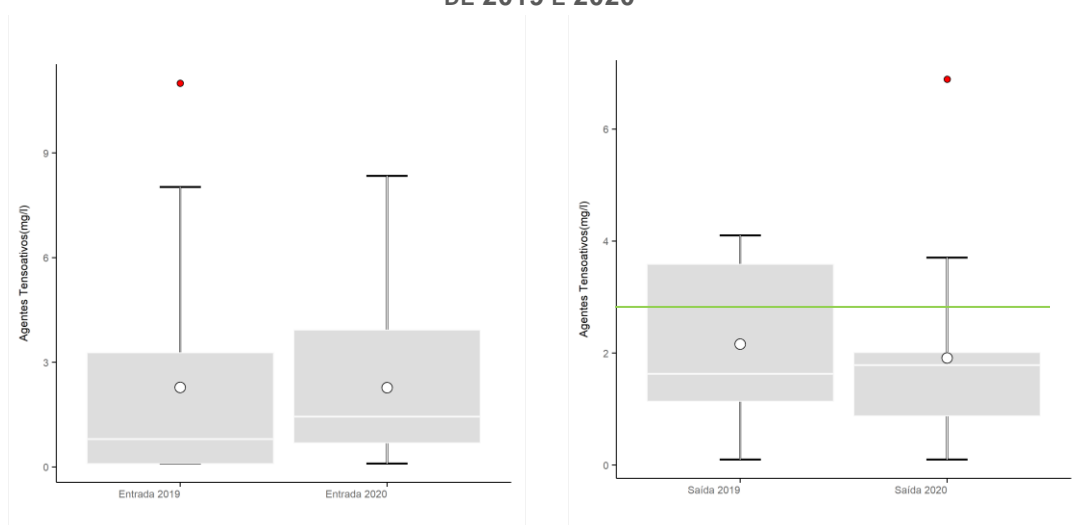
3.5.1. Agentes tensoativos

Agentes tensoativos, também conhecidos como surfactantes são produtos usados em diversas atividades que utilizam detergentes, produtos de limpeza em geral, shampoo, cremes, e dentre outros. Por essa ampla aplicação, muitos destes produtos são descartados diariamente no meio ambiente aquático (FARIAS, 2018)

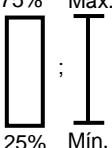

promovendo a formação de espuma e reduzindo a tensão superficial da água (VON SPERLING, 2014).

Conforme demonstrado no quadro resumo da Figura 33, o parâmetro apresentou média anual de 2,16 mg/L em 2019, 1,91 mg/L em 2020, e máximas de 4,10 mg/L e 6,89 mg/L para o mesmo período, respectivamente.

FIGURA 33 - GRÁFICO BOX-PLOT E QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À AGENTES TENSOATIVOS, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Quadro resumo para o parâmetro agentes tensoativos (mg/l)				
Valores	Característica do processo de autoclavagem		Desempenho da ETE	
	Entrada da ETE		Saída da ETE	
	(2019)	(2020)	(2019)	(2020)
Mínimo	0,10	0,10	0,10	0,10
Q1	0,10	0,70	1,14	0,88
\bar{X}	2,28	2,27	2,16	1,91
Md	0,80 ^{ns}	1,44 ^{ns}	1,63 ^{ns}	1,79 ^{ns}
Q3	3,27	3,92	3,58	2,01
Máximo	11,00	8,34	4,10	6,89
Conclusão do teste estatístico inferencial	ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,52).		ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,96).	

Legenda: Gráfico box-plot: ○ média;  ; Máx. Máx.: valor máximo; Mín.: valor mínimo; \bar{X} : média. ns: não significativo.  Limite máximo permitido para o lançamento das águas residuárias, conforme DN COPAM/CERH nº01/2008.

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Na análise qualiquantitativa do reúso de águas cinzas de FIORI (2006) o resultado médio obtido foi de 3,80 mg/L e 45,5 mg/L para resultado de BUSS (2015), o qual realizou a avaliação da capacidade de tratamento de efluente proveniente de uma lavanderia industrial. Ao comparar os resultados, observa-se uma proximidade com os estudos de FIORI (2006).

A violação quanto ao limite de 2 mg/L, definido pelo COPAM/CERH-MG 01/2008 (MINAS GERAIS, 2018) ocorreu tanto no ano de 2019 quanto em 2020 em quando observado os valores máximos encontrados. Berti *et al.*, (2009) descrevem que a presença de substâncias surfactantes podem elevar a DQO por meio da redução do oxigênio dissolvido, o que contribuirá para a eutrofização do ambiente aquático.

Neste caso, com base na experiência operacional obtida ao longo do período avaliado, sugere redirecionar o efluente residual da higienização das salas operacionais para um tanque de armazenamento temporário separado da ETE, durante aproximadamente 30 dias, a fim de avaliar se os surfactantes presentes nos produtos utilizados, estão interferindo no alcance da eficiência de tratamento da ETE.

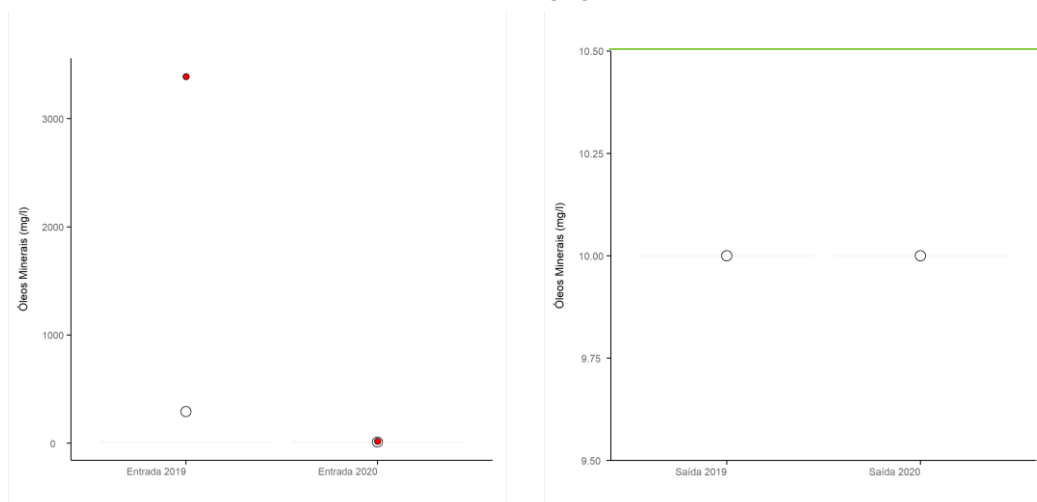
3.5.2. Óleos e graxas (minerais e vegetais)

As substâncias orgânicas de origem mineral, vegetal ou animal, são conhecidas como os óleos e graxas, normalmente oriundos de resíduos industriais, esgotos domésticos, postos de gasolina, estradas e vias públicas. Essas substâncias raramente são encontradas em águas naturais (ORSSATTO *et al.*, 2010).

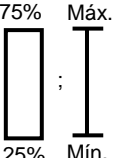

No estudo que analisa a eficiência de remoção de óleos e graxas de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Orssatto *et al.*, (2010) apresentaram média de 3,65 mg/L para óleos minerais e 9,13 mg/L para óleos vegetais/animais demonstrando similaridade aos resultados obtidos na saída ETE da empresa objeto de estudo.

Conforme Figura 34, o quadro resumo para o parâmetro óleos minerais demonstrou 10 mg/L, tanto para as médias anuais de saída em 2019 e 2020, quanto para a máxima e mínima, sendo considerados valores apropriados e dentro dos limites estabelecidos pela DN CERH-MG 65/20 (MINAS GERAIS, 2020), que delibera ≤ 20 mg/L.

FIGURA 34 - GRÁFICO BOX-PLOT E QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À ÓLEOS MINERAIS, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Quadro resumo para o parâmetro óleos minerais (mg/l)				
Valores	Característica do processo de autoclavagem		Desempenho da ETE	
	Entrada da ETE		Saída da ETE	
	(2019)	(2020)	(2019)	(2020)
Mínimo	10,00	10,00	10,00	10,00
Q1	10,00	10,00	10,00	10,00
\bar{X}	291,67	10,67	10,00	10,00
Md	10,00 ^{ns}	10,00 ^{ns}	10,00 ^{ns}	10,00 ^{ns}
Q3	10,00	10,00	10,00	10,00
Máximo	3390,00	18,00	10,00	10,00
Conclusão do teste estatístico inferencial	ns: não significativo ($\alpha = 0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 1,0).		ns: não significativo ($\alpha = 0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,97).	

Legenda: Gráfico box-plot: ○ média;  ; **Md.:** mediana; **1°Q_(1/4) = 25%:** primeiro quartil; **3°Q_(3/4) = 75%:** terceiro quartil; **Máx.:** valor máximo; **Mín.:** valor mínimo; \bar{X} : média. **ns:** não significativo.  Limite máximo permitido para o lançamento das águas residuárias, conforme DN COPAM/CERH nº01/2008.

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

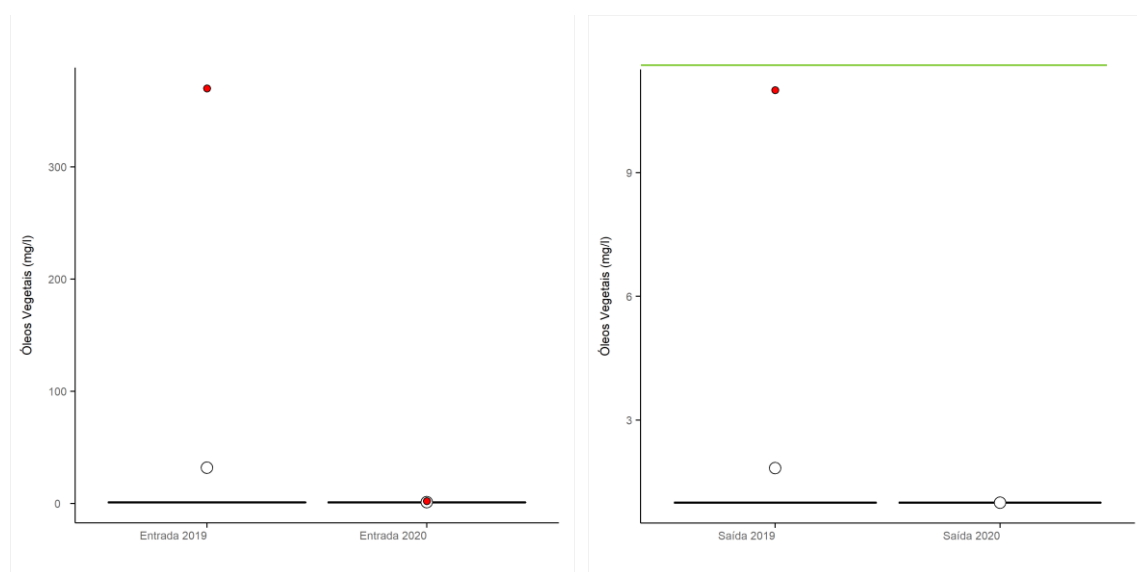
Vale salientar que a água residuária de entrada da ETE, apresentou concentração máxima bem acima do valor dos demais meses em ambos os anos. Acredita-se que o valor específico de 3390 mg/L encontrado exclusivamente no mês de março de 2019, refere-se a uma segregação incorreta realizada por um dos geradores/clientes da empresa objeto de estudo, no momento de encaminhar os RSS para tratamento em autoclavagem. Nesta ocasião, os clientes são notificados e

orientados quanto à obrigatoriedade em cumprir tanto a Resolução RDC nº 222/2018 (BRASIL, 2018), a qual determina como realizar a segregação e destinação final corretamente, considerando cada grupo/subgrupo de RSS, quanto o contrato de prestação de serviço firmado com a empresa objeto de estudo.


Ainda assim, mesmo com o resultado máximo apresentado na entrada da ETE em 2019, a estação de tratamento não apresentou grande variabilidade em nenhum outro período avaliado, demonstrando eficiência acima de 96% para 2019.


Na Figura 35, o quadro resumo para o parâmetro óleos vegetais demonstrou médias anuais de saída de 1,83 mg/L em 2019 e 1 mg/L, 2019 em 2020, permanecendo também dentro do limite estabelecido pela DN CERH-MG 65/20 (MINAS GERAIS, 2020), que estabelece ≤ 50 mg/L. Inclusive, ao avaliar os valores de máximas obtidas nos respectivos anos, ainda assim estiveram dentro do permitido pela legislação.

FIGURA 35 - GRÁFICO BOX-PLOT E QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À ÓLEOS VEGETAIS, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Quadro resumo para o parâmetro óleos vegetais (mg/l)				
Valores	Característica do processo de autoclavagem		Desempenho da ETE	
	Entrada da ETE		Saída da ETE	
	(2019)	(2020)	(2019)	(2020)
Mínimo	1,00	1,00	1,00	1,00
Q1	1,00	1,00	1,00	1,00
\bar{X}	31,75	1,08	1,83	1,00
Md	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,00 ^{ns}
Q3	1,00	1,00	1,00	1,00
Máximo	370,00	2,00	11,00	1,00
Conclusão do teste estatístico inferencial	ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 1,0).		ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,74).	

Legenda: Gráfico box-plot: ○ média;  75% Máx.; 25% Mín.

Md.: mediana; **1°Q_(1/4) = 25%:** primeiro quartil; **3°Q_(3/4) = 75%:** terceiro quartil;
Máx.: valor máximo; **Mín.:** valor mínimo; \bar{X} : média.
ns: não significativo
 Limite máximo permitido para o lançamento das águas residuárias, conforme DN COPAM/CERH nº01/2008.

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Já no estudo realizado por Rosa *et al.*, (2011), os quais caracterizaram as águas residuárias de empresas que realizam lavagem de veículos, observou-se que, para o parâmetro “óleos e graxas”, as concentrações máximas e mínimas de 328 mg/L e 22 mg/L, não apresentaram similaridade com os resultados obtidos neste estudo de caso.

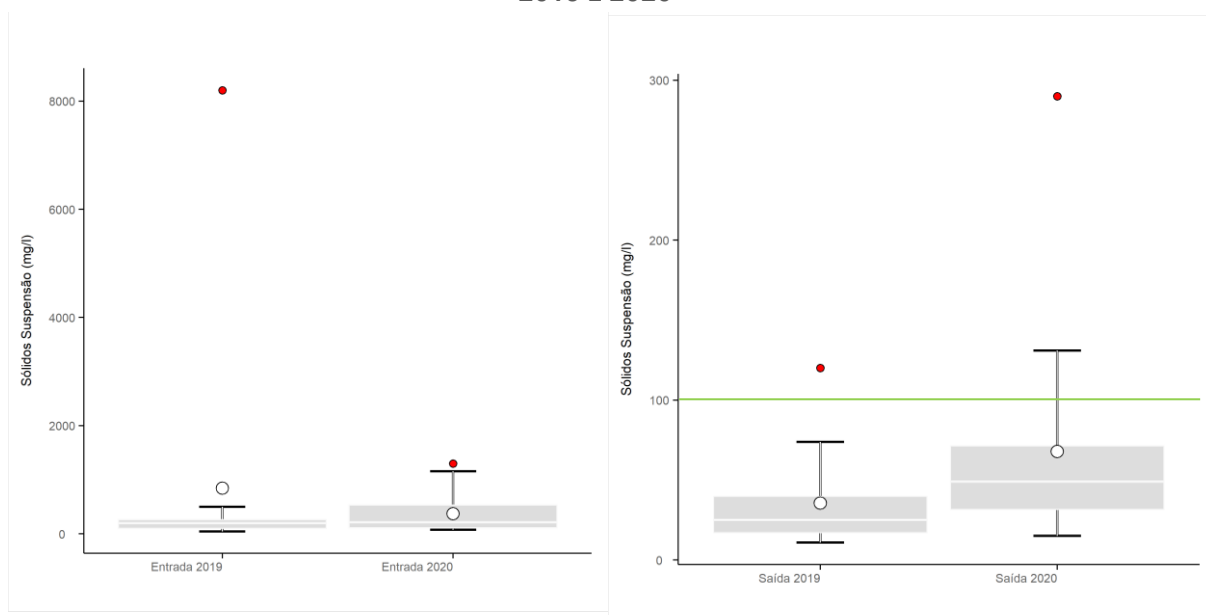
Em geral, observa-se que a estação de tratamento demonstrou eficiência acima de 94% para ambos os anos avaliados.

3.5.3. Sólidos em suspensão

O monitoramento dos sólidos presentes em águas residuárias é um indicador importante para avaliar a eficiência dos sistemas de tratamento (JACINTO *et al.*, 2014). Miguel *et al.*, (2018) complementa descrevendo que a etapa físico-química é considerada essencial para remover sólidos suspensos que permanecem nos efluentes mesmo após o processo físico de tratamento preliminar por exemplo (MIGUEL *et al.*, 2018).

Conforme Figura 36, a média anual de 35,58 mg/L em 2019, mostrou similar ao estudo de Miguel *et al.*, (2018), o qual obteve 20 mg/L para a água residuária tratada proveniente de usina sucroalcooleira. Porém, ao analisar o ano de 2020, observa-se que o resultado de 67,83 mg/L se mostrou distante dos resultados de 2019 e do estudo de Miguel *et al.*, (2018), mas ainda apresentou inferior quando comparado ao valor obtido por Batista *et al.*, (2017), o qual obteve resultado de 333 mg/L na água residuária tratada proveniente da atividade de suinocultura.

FIGURA 36 - GRÁFICO BOX-PLOT E QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À SÓLIDOS EM SUSPENSÃO, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Quadro resumo para o parâmetro sólidos em suspensão (mg/l)				
Valores	Característica do processo de autoclavação		Desempenho da ETE	
	Entrada da ETE		Saída da ETE	
	(2019)	(2020)	(2019)	(2020)
Mínimo	46,00	73,00	11,00	15,00
Q1	100,00	112,50	17,00	31,50
\bar{X}	844,42	374,17	35,58	67,83
Md	195,00 ^{ns}	215,00 ^{ns}	25,00 ^{ns}	49,00 ^{ns}
Q3	260,00	530,00	39,75	71,25
Máximo	8200,00	1300,00	120,00	290,00
Conclusão do teste estatístico inferencial	ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,62).		Significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,05).	

Legenda: Gráfico box-plot: ○ média; ;

Md.: mediana; **1ºQ_(1/4) = 25%:** primeiro quartil; **3ºQ_(3/4) = 75%:** terceiro quartil;
Máx.: valor máximo; **Mín.:** valor mínimo; \bar{X} : média.
ns: não significativo
 Limite máximo permitido para o lançamento das águas residuárias, conforme DN COPAM/CERH nº01/2008.

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Ainda que os resultados das médias anuais tenham apresentado valores com qualidade compatível com o limite ≤ 100 mg/L, estabelecido pela DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008), os valores máximos encontrados, mostraram descumprimento ao limite estabelecido pela legislação sendo, 120 mg/L em março de 2019 e 290 mg/L em agosto de 2020.

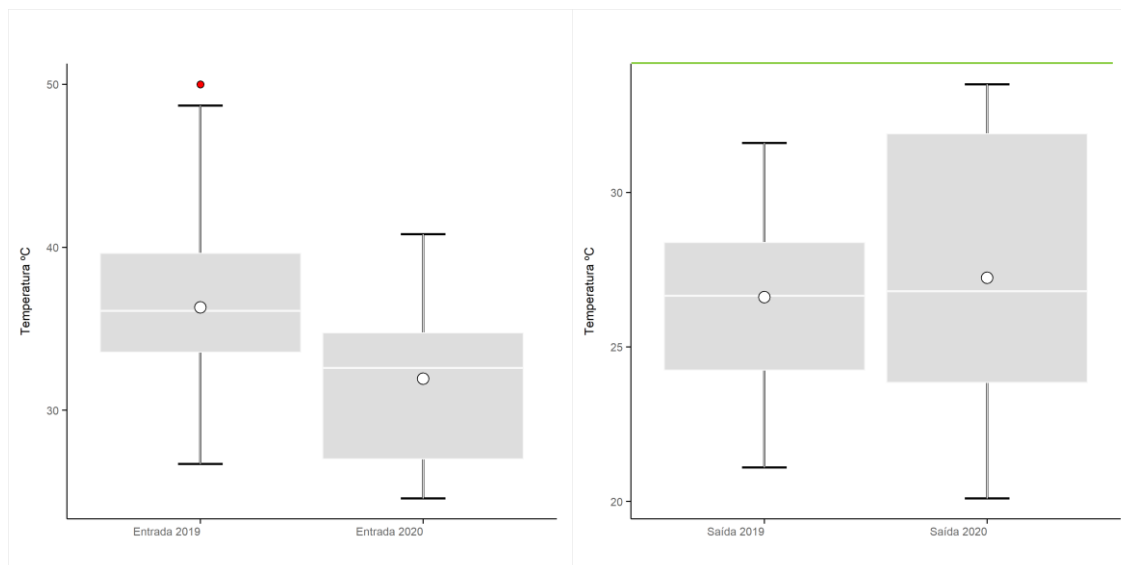
Com base nesses resultados e na experiência operacional, ressalta-se a necessidade de correção do pH a entrada da ETE a fim de que a concentração dos sólidos em suspensão também obtenha melhores resultados conforme limite estabelecido pela legislação vigente.

3.5.4. Temperatura

A temperatura é um parâmetro importante para identificar a qualidade do processo biológico. A faixa considerada ótima para o sistema é representada entre 23-35 °C, podendo ocasionar o crescimento de plantas e fungos aquáticos caso apresente resultado excessivamente elevado (METCALF *et al.*, 2016).

Percebe-se que as médias anuais identificadas foram semelhantes entre os anos analisados, apresentando resultados de 26,61 °C em 2019 e 27,24 °C em 2020 (Figura 37). Nota-se semelhança também com o estudo de Fonseca *et al.*, (2021) o qual apresentou média de 23,87 °C.

FIGURA 37 - GRÁFICO BOX-PLOT E QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À TEMPERATURA, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Quadro resumo para o parâmetro temperatura (°C)				
Valores	Característica do processo de autoclavação		Desempenho da ETE	
	Entrada da ETE		Saída da ETE	
	(2019)	(2020)	(2019)	(2020)
Mínimo	26,70	24,60	21,10	20,10
Q1	33,58	27,03	24,25	23,85
\bar{X}	36,31	31,93	26,61	27,24
Md	36,10 ^{ns}	32,60 ^{ns}	26,65 ^{ns}	26,80 ^{ns}
Q3	39,63	34,75	28,38	31,90
Máximo	50,00	40,80	31,60	33,50
Conclusão do teste estatístico inferencial	ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,40).		ns: não significativo ($\alpha=0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,96).	

Legenda: Gráfico box-plot: ○ média; ; Md.: mediana; 1^oQ_(1/4) = 25%: primeiro quartil; 3^oQ_(3/4) = 75%: terceiro quartil; Máx.: valor máximo; Mín.: valor mínimo; \bar{X} : média. ns: não significativo. Limite máximo permitido para o lançamento das águas residuárias, conforme DN COPAM/CERH n°01/2008.

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Já o estudo de Silva *et al.*, (2011) os quais realizaram o monitoramento de 16 estações de tratamento de esgoto que possuem sistema de tanque séptico seguido de filtro anaeróbio, apresentaram valores na faixa de 28°C a 33°C, estando acima do valor encontrado neste estudo de caso. Importante destacar que a presença da torre

de resfriamento instalada antes da estação de tratamento da empresa objeto de estudo, trata-se de uma etapa relevante ao alcance de temperaturas mais baixas.

Destaca-se a importância do processo de resfriamento que a empresa objeto de estudo possui, por meio da torre de resfriamento

Os valores máximos encontrados de 31,6°C em 2019 e 33,5 em 2020, também apresentaram semelhança com o estudo de Fonseca *et al.*, (2021) que obteve média de 23,87°C no efluente tratado. Ambos resultados não violaram a legislação, são considerados apropriados, estando em conformidade com o limite estabelecido de <40°C determinado pela DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008). Megda, (2007) reforça que, para a utilização de processos que envolve etapa aeróbica e anaeróbica, se faz necessário que a temperatura esteja sempre abaixo dos 40°C para boa eficiência do tratamento.

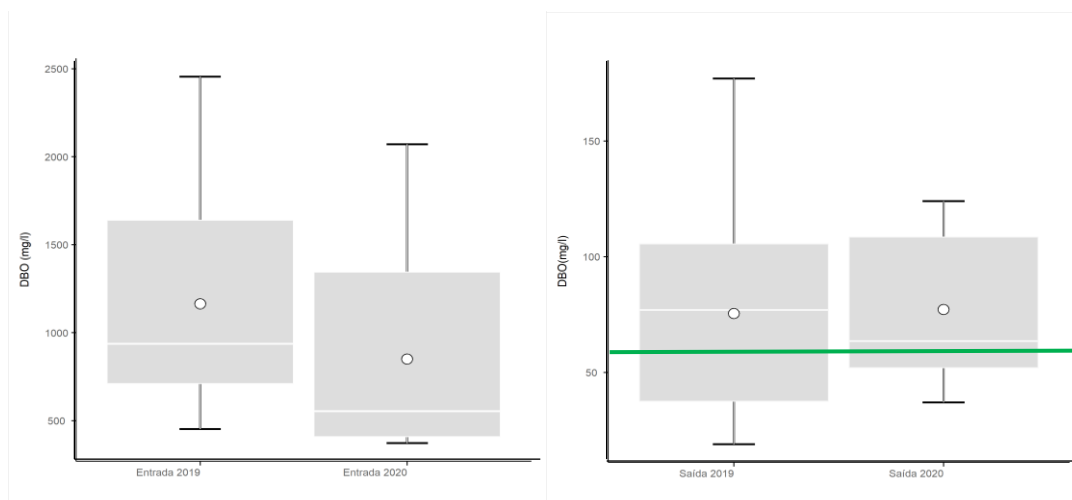
3.5.5. Parâmetros indicadores de matéria orgânica

Os parâmetros de DBO e DQO devem ser avaliados de maneira específica pois os limites definidos pela legislação são representados por valores mensais de até ≤60 mg/L para DBO e até ≤180 mg/L para DQO. Há uma exceção que, quando estes limites não forem atendidos dentro do mês, são determinados valores para tratamento com eficiência de redução de no mínimo 75% e média anual igual ou superior a 85% para DBO e para DQO em no mínimo 70% e média anual igual ou superior a 75%. Ou seja, ao longo do tempo existe uma certa tolerância do valor máximo permitido de lançamento ou o mínimo de eficiência.

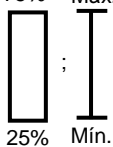

Conforme Lima *et al.*, (2006) sabe-se que a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) é um dos principais parâmetros para avaliar a qualidade da água. DBO é utilizado nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e efluentes industriais, avaliando a quantidade de oxigênio consumido na degradação da matéria orgânica, por meio de processos biológicos.

Observando a Figura 38, nota-se uma grande amplitude dos dados durante o ano de 2019 e 2020. Percebe-se que no ano de 2019 variou de 452 mg/l até 2455 mg/l e, no ano de 2020 de 373 mg/l até 2070 mg/l. Da mesma forma, os resultados de saída para o mesmo parâmetro, apresentaram valores de 19 mg/l até 177 mg/l em 2019 e 37 mg/l até 124 mg/l em 2020.

FIGURA 38 - GRÁFICO BOX-PLOT E QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À DBO, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Quadro resumo para o parâmetro DBO (mg/l)				
Valores	Característica do processo de autoclavação		Desempenho do processo de tratamento de águas residuárias	
	Entrada da ETE		Saída da ETE	
	(2019)	(2020)	(2019)	(2020)
Mínimo	452,00	373,00	19,00	37,00
Q1	710,75	409,25	37,50	52,00
\bar{X}	1164,58	850,50	75,42	77,17
Md	936,00 ^{ns}	553,50 ^{ns}	77,00 ^{ns}	63,50 ^{ns}
Q3	1639,00	1344,00	105,50	108,50
Máximo	2455,00	2070,00	177,00	124,00
Conclusão do teste estatístico inferencial	ns: não significativo ($\alpha = 0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,07).		ns: não significativo ($\alpha = 0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,54).	

Legenda: Gráfico box-plot: ○ média;  75% Máx.; 25% Mín. ; **Md.:** mediana; **1°Q_(1/4) = 25%:** primeiro quartil; **3°Q_(3/4) = 75%:** terceiro quartil; **Máx.:** valor máximo; **Mín.:** valor mínimo; \bar{X} : média. **ns:** não significativo.  Limite máximo permitido para o lançamento das águas residuárias, conforme DN COPAM/CERH nº01/2008.

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Ao comparar os valores obtidos na saída da ETE da empresa objeto de estudo, com os resultados obtidos pelos autores Rosa *et al.*, (2011) em seu estudo de caracterização das águas residuárias de empresas que realizam lavagem de veículos, o qual apresentou valor máximo de 2432 mg/L, constata-se uma considerável diferença. Rosa *et al.*, (2011) descrevem que os resultados obtidos indicam altas concentrações de poluentes contribuindo negativamente quando lançados em corpo

receptor, sendo necessário a mitigação destes impactos a fim de evitar a potencialização dos mesmos.

Da mesma forma quando comparado ao resultado do estudo sobre o reúso de água residuária proveniente de usina sucroalcooleira, descrito pelos autores Miguel *et al.*, (2018) o qual apresentou concentrações entre 782 e 1650 mg/L. Os autores demonstram que o reúso pode ser possível dependendo da opção de reúso, sendo: tratamento físico-químico para reúso em atividades que não necessitam de remoção da matéria orgânica e tratamento físico-químico seguido de biológico lodos ativados para reúso nas etapas onde há necessidade de remoção da matéria orgânica.

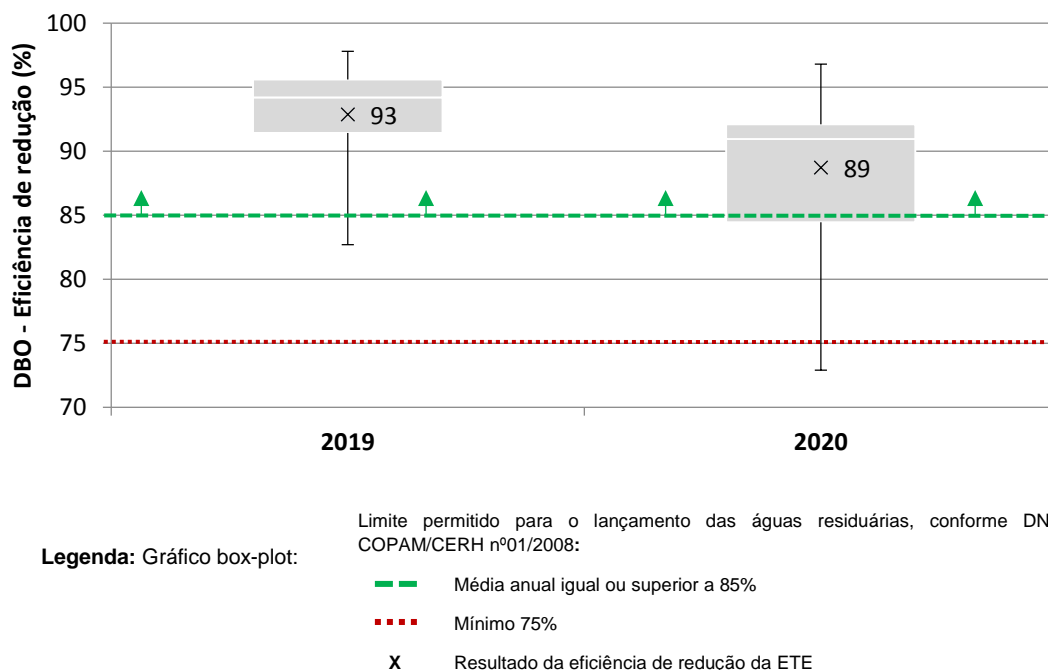
Já o resultado médio anual dos meses de janeiro, fevereiro, março e novembro de 2019 e 2020, apresentou médias de concentração acima de 70 mg/L, evidenciando valores acima do limite de até 60 mg/L para lançamento do efluente em corpo receptor, estabelecido pela DN COPAM/CERH 01/2008²⁹ (MINAS GERAIS, 2008).

Oliveira (2006) ao avaliar o desempenho de estações de tratamento de esgoto presentes em Minas Gerais e São Paulo, cita que as concentrações de DBO podem ser mais elevadas quando predominantemente orgânicos ou quando as amostras são simples e coletadas em horários de pico. Entretanto, afirma que o tratamento por meio de Lodos Ativados (LA) apresenta desempenho satisfatório para o lançamento de efluentes. Inclusive, a modalidade de LA é um dos processos que atingem concentrações abaixo dos valores médios de projeto operacional que seriam necessários para assegurar que os resultados atendam padrões de lançamento para DBO, de até 60 mg/L.

Levando em considerando a água residuária provenientes da autoclavagem dos RSS e, conforme demonstrado na Figura 39, observa-se que, ao considerar a média anual de tratamento, a qual define redução igual ou superior a 85%, os resultados demonstraram-se satisfatórios sendo, 93% no ano de 2019 e 89% em 2020, confirmando que a estação de tratamento do efluente foi eficaz ao longo do tempo.

²⁹ DN COPAM/CERH nº 01/2008: Determina que o limite de concentração permitido seja de até 60mg/L ou média anual de tratamento com eficiência de redução de DBO em no mínimo 75% e média anual igual ou superior a 85%.

FIGURA 39 - GRÁFICO BOX-PLOT DA EFICIÊNCIA DE REDUÇÃO DA ETE, REFERENTE À DBO, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

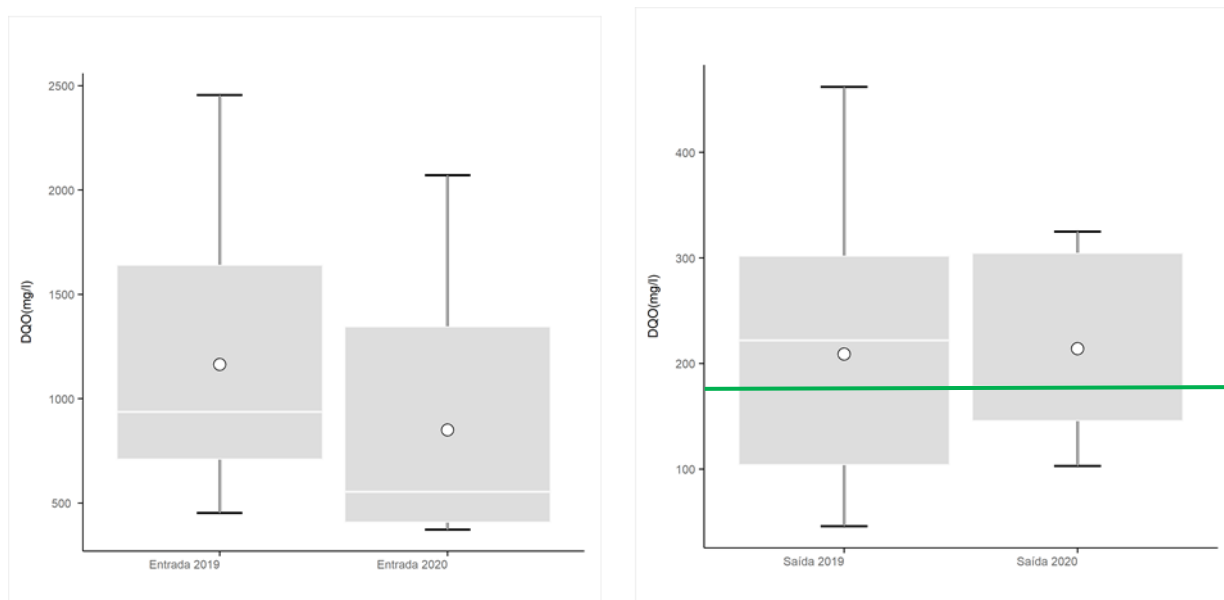
Em contrapartida, a Demanda química de oxigênio (DQO), também é um parâmetro indicador de matéria orgânica em águas residuárias e superficiais, comumente utilizado no monitoramento de estações de tratamento de efluentes líquidos. Esta, se baseia na concentração de oxigênio consumido para oxidar a matéria orgânica, sendo ela biodegradável ou não. (VALENTE *et al.*, 2006; AQUINO *et al.*, 2006). Conforme Miguel *et al.*, (2018) um tratamento físico-químico é essencial para remover parcialmente a DQO da água residuária oriunda de uma usina sucroalcooleira.

Foram encontrados os valores máximos de 462 mg/L para o ano de 2019 e 325 mg/L em 2020, também representando considerável diferença com o estudo dos autores Miguel *et al.*, (2018) o qual apresentou concentrações entre 3760 e 4600 mg/L, ressaltando uma diferença significativa quando comparada com águas residuárias provenientes de lavagem de veículos. Entretanto, ao comparar os resultados com os limites permissíveis pela legislação, também se observa que houve violação em algum mês (Figura 40).

Percebe-se que os valores que ultrapassaram o limite da legislação podem estar associados às máximas concentrações encontradas no parâmetro agentes tensoativos, o qual pode estar associado à presença de surfactantes provenientes de

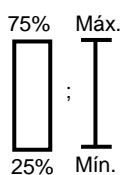
detergentes (ROSA, 2011) e produtos utilizados na higienização da área de tratamento/armazenamento após o encerramento do turno de trabalho.

FIGURA 40 - GRÁFICO BOX-PLOT E QUADRO-RESUMO DOS TESTES ESTATÍSTICOS NÃO PARAMÉTRICOS DOS DADOS OBTIDOS NA ENTRADA/SAÍDA DA ETE, REFERENTE À DQO, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Quadro resumo para o parâmetro DQO (mg/l)				
Valores	Característica do processo de auto-clavação		Desempenho do processo de tratamento de águas residuárias	
	Entrada da ETE		Saída da ETE	
	2019	2020	2019	2020
Mínimo	994,00	896,00	46,00	103,00
Q1	1618,75	986,25	104,25	146,00
\bar{X}	2715,25	1921,67	208,92	214,00
Md	2454,00 ^{ns}	1300,50 ^{ns}	222,00 ^{ns}	178,00 ^{ns}
Q3	3771,50	3091,00	301,75	304,25
Máximo	5392,00	3794,00	462,00	325,00
Conclusão do teste estatístico inferencial	ns: não significativo ($\alpha = 0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,06).		ns: não significativo ($\alpha = 0,05$) para o teste não paramétrico de Wilcoxon (valor-p = 0,58).	

Legenda: Gráfico box-plot: ○ média;



Md.: mediana; $1^{\circ}Q_{(1/4)} = 25\%$: primeiro quartil; $3^{\circ}Q_{(3/4)} = 75\%$: terceiro quartil;

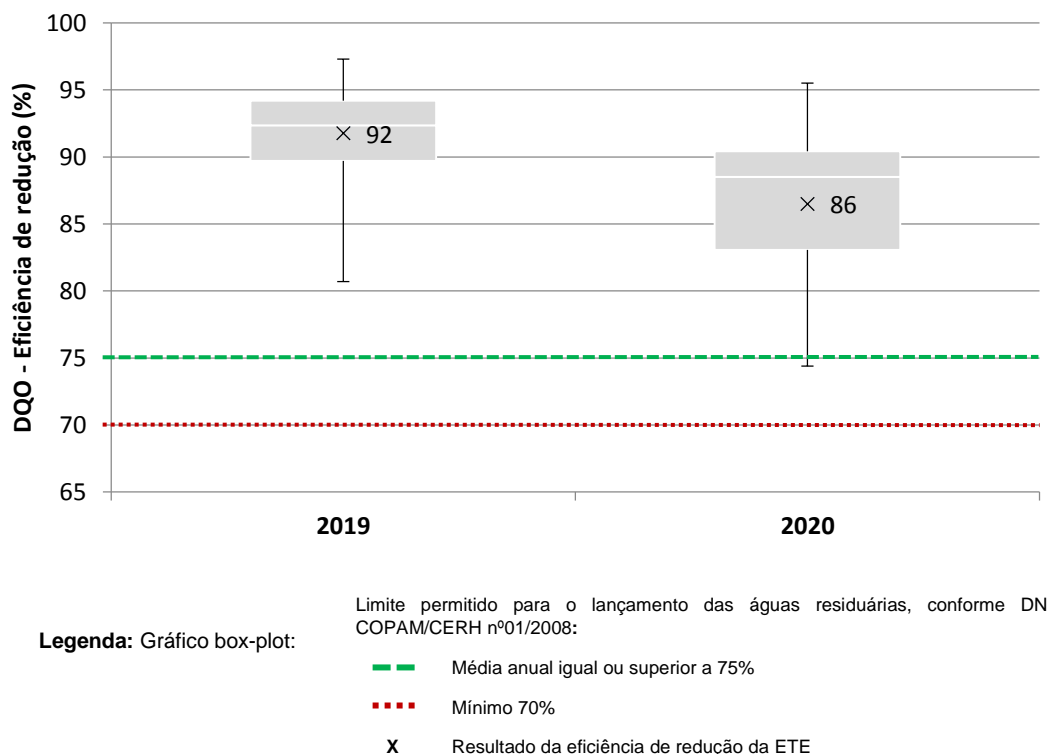
Máx.: valor máximo; Mín.: valor mínimo; \bar{X} : média.

ns: não significativo

— Limite máximo permitido para o lançamento das águas residuárias, conforme DN COPAM/CERH nº01/2008.

↑ Conforme demonstrado na Figura 41, observa-se que, ao considerar a média anual de tratamento, a qual define redução igual ou superior a 75%, os resultados demonstraram-se satisfatórios sendo, 92% no ano de 2019 e 86% em 2020, confirmando que a estação de tratamento do efluente foi eficaz ao longo do tempo.

FIGURA 41 - GRÁFICO BOX-PLOT DA EFICIÊNCIA DE REDUÇÃO DA ETE, REFERENTE À DQO, NOS ANOS DE 2019 E 2020



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

Em geral, os resultados referentes aos parâmetros de DBO e DQO indicam que, apesar dos padrões de lançamento e reúso serem atendidos parcialmente para os limites mensais, quando considerado a eficiência de remoção o sistema de tratamento é considerado robusto e não possui grandes variabilidades. Inclusive, de acordo com Miguel *et al.*, (2018) um sistema que possui tratamento físico-químico é essencial para remover parte da DQO e o tratamento biológico é a melhor opção para remoção da matéria orgânica presente no efluente.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A caracterização das águas residuária bruta e tratada demonstrou que 50,7 % da água consumida é transformada em águas residuária e, 49,3 % é perdida ou incorporada aos resíduos que serão destinados ao aterro sanitário. Desta forma, ao avaliar a tratabilidade desses 50,7% de água residuária observou-se que os valores médios de concentração de DBO e DQO no efluente tratado são menores aos do esgoto doméstico e que a média anual de biodegradabilidade (relação DQO/DBO) foi superior a 2,5, sugerindo necessidade de outros estudos para melhor avaliar sua tratabilidade e a viabilidade do tratamento biológico proposto.

Observa-se que os resultados obtidos durante o período de 2019 a 2020, na entrada da ETE, os quais avaliou a característica do processo de autoclavagem dos resíduos de saúde, apresentaram resultados satisfatórios quanto à efetividade dos controles e monitoramentos aplicados durante a operação.

Entretanto, ao observar os resultados obtidos no mesmo período, na saída da ETE, os quais avaliou o desempenho da ETE, constatou-se que no ano de 2019 a estação de tratamento de águas residuária atendeu aos limites de reúso classe 1³⁰ recomendados pela NBR ABNT 13.969/1997; visto que a DN CERH-MG 65/2020 veio a vigorar somente em junho de 2020.

Já no ano de 2020, onde já se considerou ambas as legislações de reúso, sendo necessário analisar novos parâmetros, observou-se que todos os parâmetros avaliados apresentaram máximas dentro dos limites recomendados, com exceção apenas dos sólidos sedimentáveis e dissolvidos, considerando então que a ETE atendeu parcialmente as diretrizes para reúso da água residuária tratada.

Necessário ainda ponderar sobre a DN COPAM/CERH 01/2008 (MINAS GERAIS, 2008) que serviu como complementação às demais legislações, no intuito de dar maior embasamento aos parâmetros analisados e, desta forma, considera-se também que a estação de tratamento atendeu parcialmente os limites estabelecidos para lançamento do efluente em corpo receptor.

³⁰ Classe I - Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.

Portanto, sendo realizado os ajustes sugeridos neste estudo, é evidenciado a possibilidade de reuso da água residuária tratada para fins menos nobres e não potáveis.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – Edição 15 anos.** Disponível em:<<http://abrelpe.org.br/panorama/>>. Acesso em: 20 ago. 2019.

AMORIM, F. *et al.* Unidades combinadas RAFA-SAC para tratamento de água residuária de suinocultura–parte II Nutrientes. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 5, p. 931-940, 2015.

ANJOS, G.dos. *et al.* A importância da preservação e conservação das águas superficiais e subterrâneas: um panorama sobre a escassez da água no Brasil. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 11, n. 6, 2015.

APHA. **American Health Association.** Standard methods for the examination of water and wastewater. 22 ed. Washington: APHA, 2012, 937p.

AQUINO, S.F.de. *et al.* CHERNICHARO, Carlos AL. Considerações práticas sobre o teste de demanda química de oxigênio (DQO) aplicado a análise de efluentes anaeróbios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 11, p. 295-304, 2006.

ARSAE. Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais. **Nota Técnica ARSAE-MG Nº 010/2011 de 30 de setembro de 2011.**

ASADI, A. *et al.* Simultaneous removal of carbon and nutrients from an industrial estate wastewater in a single up-flow aerobic/anoxic sludge bed (UAASB) bioreactor. **Water research**, v. 46, n. 15, p. 4587-4598, 2012.

BATISTA, R.O. *et al.* Desempenho hidráulico de sistemas de irrigação por gotejamento operando com água residuária da suinocultura. **Magistra**, v. 26, n. 1, p. 75-88, 2017.

BERTI, A.P. *et al.* Efeitos da contaminação do ambiente aquático por óleos e agrotóxicos. **SaBios-Revista de saúde e biologia**, v. 4, n. 1, 2009.

BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 222, de 28 de março de 2018.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 29 de março. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 357, de 15 de junho 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.

BUSS, M.V. *et al.* Tratamento dos efluentes de uma lavanderia industrial: avaliação da capacidade de diferentes processos de tratamento. **Revista de Engenharia Civil IMED**, v. 2, n. 1, p. 2-10, 2015.

DIAS, D.L. Demanda Bioquímica de Oxigênio. **Brasil Escola**. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/demanda-bioquimica-oxigenio.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2021.

ESTENDER, A.C. *et al.* Reutilização da água na indústria. **Revista de Administração do UNIFATEA**, v. 11, n. 11, 2015.

FARIAS, C.M. Proposta de ajuste técnico de uma estação de tratamento de efluentes para correção do parâmetro de surfactantes residuais. **Engenharia Química-Tubarão**, 2018.

FIORI, S. *et al.* Avaliação qualitativa e quantitativa do reúso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 1, p. 19-30, 2006.

FONSECA, W.C. *et al.* Avaliação da influência da estação de tratamento de efluente de Catanduva (SP) na qualidade da água do rio São Domingos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, p. 181-191, 2021.

GONÇALVES, R.F. *et al.* Caracterização e Tratamento de diferentes tipos de águas residuárias de origem residencial após segregação. **AIDIS-Asociación Interamericana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental**. Sección Uruguay. Rescatando Antiguos Principios para os Nuevos Desafíos Del Milenio. Monte video, p. 1-10, 2006.

JACINTO, I.C. *et al.* Definição dos limites de detecção e quantificação para melhoria na qualidade da determinação de sólidos em efluentes. In: Embrapa Suínos e Aves- Artigo em anais de congresso (ALICE). In: **JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, 8., 2014, Concórdia. Anais... Brasília: Embrapa, 2014. p. 67-68. JINC 2014.

JORDÃO, E.P. É possível economizar energia nas estações de tratamento de esgoto. **Revista DAE: Ponto de vista**, São Paulo-SP, v. 63, n. 200, p. 6-12, 2015.

JORDÃO, E.P. *et al.* Tratamento de Esgotos Domésticos. 7ª ed. Rio de Janeiro: **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (Abes)**, 2014. 1050 p.

LAMBAIS, G.R. *et al.* Monitoramento microbiológico de águas residuárias para produção agroecológica: uma ferramenta de segurança sanitária do reuso agrícola no semiárido brasileiro. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

LAMEGO N. *et al.* Tratamento de esgoto sanitário em reator híbrido em bateladas sequenciais: eficiência e estabilidade na remoção de matéria orgânica e nutrientes (N, P). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, p. 411-420, 2011.

LIMA, S.L. *et al.* Determinação de demanda bioquímica de oxigênio para teores $\leq 5\text{mg}$. L-1 O₂. **Revista Analytica**, p.52-57, n.25, 2006.

LINHARES, B.D. **Filtros granulares (areia e carvão ativado) para pós-tratamento de efluente anaeróbio**. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MACHADO, T.D.C. **Projeto e exploração de estações de tratamento de águas residuais (ETAR's): metodologia de dimensionamento, sua definição e inventariação relativa às estruturas da RAM.** 2016. Tese de Doutorado.

MANCUSO, P.C.S. *et al.* Reúso de água. **Editora Manole Ltda**, 2003.

MAY, S. **Caracterização, tratamento e reúso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações.** 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MEGDA, C.R. **Filtro anaeróbio ascendente combinado com reator aeróbio de lodos ativados em batelada no tratamento de água residuária sintética de indústria de polpa celulósica não branqueada sob condições termofílicas.** 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MELO, A.R.B. **Pós-tratamento de efluente de reator UASB por filtração em areia e carvão ativado.** 2014. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

MENEZES, O.de. *et al.* Brasil frente à escassez de água. In: **Colloquium Humanarum.** ISSN: 1809-8207. 2014. p. 41-48.

METCALF & EDDY. Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos - 5ª Ed. New York, **McGraw - Hill Book 2016.** 2008p.

MIERZWA, J.C. *et al.* Programa para Gerenciamento de Águas e Efluentes nas Indústrias, visando ao Uso Racional e à Reutilização, **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES**, Vol. 4, nº 1 e 2 Jan/Mar. e Abr/Jun., 2000, p. 11 – 15.

MIGUEL, A. *et al.* Proposição de reúso da água residuária de uma usina sucroalcooleira situada no interior de São Paulo. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales.** Investigación, desarrollo y práctica, v. 13, n. 3, p. 822-834. 2020.

MINAS GERAIS. **Deliberação Normativa Conjunta COPAM/CERH-MG 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 lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Executivo [de Minas Gerais], Belo Horizonte, 13 maio. 2008.

MONTEIRO, J. *et al.* **Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos.** Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

OLIVEIRA, S.M.A.C. **Análise de desempenho e confiabilidade de estações de tratamento de esgotos.** 2006.

OLIVEIRA, S. *et al.* Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte 1: análise de desempenho. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, p. 347-357, 2005.

ORSSATTO, F. *et al.* Eficiência da remoção de óleos e graxas de uma estação de tratamento de esgoto sanitário, Cascavel-Paraná. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 7, n. 4, 2010.

ORSSATTO, F. *et al.* Gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada: aplicação na operação e monitoramento de uma estação de tratamento de esgoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, p. 543-550, 2015.

ROSA, L. *et al.* Caracterização de águas residuárias oriundas de empresas de lavagem de veículos e impactos ambientais. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 6, n. 3, p. 179-199, 2011.

SANTOS, D. *et al.* **Data book de fornecedor. Nº Data book DB—3730-A, Rev.0,** Volume 01/01, São Paulo – SP, 2014.

SILVA, D.F. *et al.* Avaliação do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde em municípios da região metropolitana de Belo Horizonte (Brasil). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 251-262, 2014.

SILVA, F.J.A.da. *et al.* **Turbidez e cloro residual livre na monitoração de ETE tipo tanque séptico seguido de filtro anaeróbio.** 2011.

SILVA, L.R.da. **Monitoramento de ETE e avaliação da tratabilidade anaeróbia do efluente de uma indústria de bebidas.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Brasil.

TREVIZANI, J. *et al.* **Determinação da cinética de ozonização de efluente têxtil na remoção de cor e matéria orgânica.** *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 24, 2019.

VALENTE, J.P.S. *et al.* Oxigênio dissolvido (OD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e demanda química de oxigênio (DQO) como parâmetros de poluição no ribeirão Lavapés/Botucatu-SP. **Eclética Química**, v. 22, p. 49-66, 1997.

VON S. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Volume 1. 4ª Edição. **Coleção Princípios do Tratamento Biológico de Água** Editora UFMG, 2014.

WU, Q. *et al.* Effects of chlorination on the properties of dissolved organic matter and its genotoxicity in secondary sewage effluent under two different ammonium concentrations. **Chemosphere**, v. 80, n. 8, p. 941-946, 2010.

CAPÍTULO III

PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO (POP): ORIENTAÇÃO PARA REÚSO DA ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA³¹

RESUMO

Manter uma uniformização de processos e procedimentos que envolvem as atividades operacionais se tornou uma realidade necessária para garantir a qualidade e segurança do serviço prestado por empresas de diversos segmentos. Desta forma, a elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP) surge como uma alternativa para alcançar este alinhamento e direcionamento para que diferentes profissionais possam realizar sistematicamente as atividades, mesmo que em horários distintos, minimizando possíveis desvios. O POP: orientação para reúso da água residuária tratada, foi criado por uma equipe multidisciplinar para melhor avaliação e completude dos dados. O mesmo foi elaborado com linguagem simples e objetivo a fim de que qualquer profissional seja capaz de interpretar e seguir as orientações recomendadas. Além disso, o POP visa padronizar cada atividade realizada pelo profissional envolvido no setor da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), como também no reúso da água residuária tratada para atividades menos nobres, garantindo controle, eficiência, qualidade e segurança operacional a todos os envolvidos direta e indiretamente.

Palavras-chave: Padronização. Processo. Operação.

31 Produto Técnico elaborado como requisito parcial para a conclusão do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - IFMG, campus Bambuí.

STANDARD OPERATING PROCEDURE (POP): GUIDELINES FOR THE REUSE OF TREATED WASTEWATER

ABSTRACT

Maintaining a standardization of processes and procedures involving operational activities has become a necessary reality to ensure the quality and safety of the service provided by companies from different segments. Thus, the development of a Standard Operating Procedure (SOP) appears as an alternative to achieve this alignment and direction so that different professionals can systematically carry out activities, even at different times, minimizing possible deviations. The SOP: guidance for the reuse of treated wastewater was created by a multidisciplinary team to better assess and complete the data. It was prepared with simple and objective language so that any professional is able to interpret and follow the recommended guidelines. In addition, the POP aims to standardize each activity performed by the professional involved in the Effluent Treatment Station (ETE) sector, as well as in the reuse of treated wastewater for less noble activities, ensuring control, efficiency, quality and operational safety for all directly and indirectly involved.

Keyword: Standardization. Process. Operation.

1. INTRODUÇÃO

A padronização de serviços, processos e produtos vêm sendo relatado desde a Revolução Industrial, período que se observou uma crescente demanda de processos executados por máquinas ao invés do uso da força humana (BARBOSA *et al.*, 2011 e GUERRERO *et al.*, 2008). A palavra padrão está diretamente relacionada àquilo que serve como modelo e/ou base para uma avaliação, ou seja, aquilo que está relacionado a algum resultado que se almejada.

A necessidade e preocupação em garantir a qualidade e segurança dos serviços prestados aos clientes, órgãos ambientais e à sociedade em geral, tem direcionado as empresas a buscarem procedimentos e rotinas que seguem uma mesma linha e que possam ser executados por diferentes profissionais (BOSCARIOL *et al.*, 2017 e GUERRERO *et al.*, 2008).

O Procedimento Operacional Padrão (POP) é um exemplo de como alcançar este alinhamento que envolve normas e procedimentos regulares pré-definidos. Conforme Weber (2016), Zilli (2015) e SEBRAE (2014) o POP é um documento que descreve detalhadamente as ações a serem realizadas pelos profissionais de um departamento específico. Este roteiro é importante não somente para que diferentes profissionais, em diferentes horários, executem atividades padronizadas, garantindo a qualidade, segurança e excelência do serviço, mas também para certificar o correto funcionamento e a mitigação de possíveis erros e desvios (ZILLI, 2015 e WEBER, 2016). Inclusive, conforme estudo de Staino *et al.*, (2013) quando uma organização busca ganho de eficiência em seus processos, redução de perdas e retrabalho, a maneira mais assertiva para se conquistar este desempenho é por meio da elaboração de procedimentos operacionais padronizados.

É comum que muitas organizações elaborem seus próprios POP, podendo variar de acordo com cada realidade e atividade desenvolvida. A elaboração do POP deve ser com uma equipe multidisciplinar, onde serão descritos e considerados o passo a passo de cada atividade, permitindo a rastreabilidade dos resultados e evitando interpretações incorretas (SILVA, 2020 e ZILLI, 2015).

Desta forma, com a elaboração do Procedimento Operacional Padrão (POP), será possível garantir a segurança prévia dos profissionais que executarão as atividades referente à utilização da água residuária tratada proveniente da autoclavação de resíduos de serviços de saúde.

2. DESENVOLVIMENTO

Entende-se que os estabelecimentos que estão diretamente ligados a atividades que envolvem os resíduos de serviços de saúde, possuem a necessidade de elaborar uma metodologia que resguarde a segurança do funcionário durante a execução de suas atividades. Neste contexto, considerando o Art. 7, § 3º da Portaria do CAPES nº 17 de 28 de dezembro de 2009 (CAPES, 2009), a elaboração de um manual de operação técnica é um dos tipos de produto técnico cuja formalização é reconhecida pela instituição.

Desta forma, foi elaborado um Procedimento Operacional Padrão (POP) com o intuito de desenvolver no profissional, habilidades técnicas que envolvem a prática ao conhecimento científico. Marques *et al.*, (2020) descrevem a importância de realizar reuniões com uma equipe multidisciplinar, a fim de absorver todas as considerações que envolvem as atividades, controles e monitoramentos do processo operacional, o qual será abordado no POP.

Ressalta-se que a participação dos funcionários que utilizarão o POP é imprescindível para melhor avaliação e validação dos procedimentos operacionais. Importante também que o referido procedimento seja sempre atualizado conforme as alterações de rotina ou necessidade e que o acesso ao documento passa ser feito no formato impresso ou eletrônico, sendo o mesmo controlado e limitado aos seus usuários.

O POP foi desenvolvido para obter a uniformidade e qualidade dos procedimentos visando uma gestão eficiente e segura para todos os envolvidos (FREYRE *et al.*, 2021). A implantação ocorreu na Unidade de Tratamento de Resíduos Sólidos (UTRSS) da empresa objeto de estudo. No sentido de promover um documento consolidado, foi possível identificar que a equipe multidisciplinar definida para a elaboração do POP agregou conhecimento e percepções diferentes nos temas ligados à segurança e qualidade das atividades. A equipe consultada para elaboração do documento foi representada pelas seguintes qualificações: operador de autoclave/ETE, engenheiro de segurança, engenheiro ambiental, biólogo e analista de Qualidade Segurança e Meio Ambiente (QSMA).

Algumas informações são importantes na construção do POP como: descrição de todos os equipamentos, peças e materiais utilizados na tarefa, padrões de

qualidade esperados, descrição detalhada dos procedimentos e tarefas, medidas de controle e inspeções periódicas (STAINO *et al.*, 2013 *apud* Lima, 2005). Honório (2011) complementa que um POP bem elaborado oferece informações que garante um bom direcionamento para que profissionais, experientes ou não, possam atuar com mais confiança em suas atividades diárias. Considera-se que o POP é um documento versátil e imprescindível para garantir a qualidade e eficiência na execução de qualquer atividade, podendo ainda ser adaptado para diferentes setores ou serviços conforme realidade apresentada (MARQUES *et al.*, 2020 e FREYRE *et al.*, 2021).

Neste contexto, o POP elaborado para a empresa objeto de estudo visa padronizar cada atividade realizada pelo profissional do setor, a fim de garantir o controle, não somente da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), como também o reúso da água residuária tratada para atividades menos nobres, tendo como vantagem um sistema bem controlado e eficiente.

Inicialmente foram listados todos os equipamentos ligados à operação de tratamento do efluente, bem como os equipamentos de proteção individual (EPI) necessários para a realização das atividades. Em sequência, foram descritas todas as análises necessárias para a avaliação da qualidade da água residuária tratada.

Baseando nas orientações do autor (STAINO *et al.*, 2013 *apud* Lima, 2005) o POP foi elaborado considerando os seguintes tópicos:

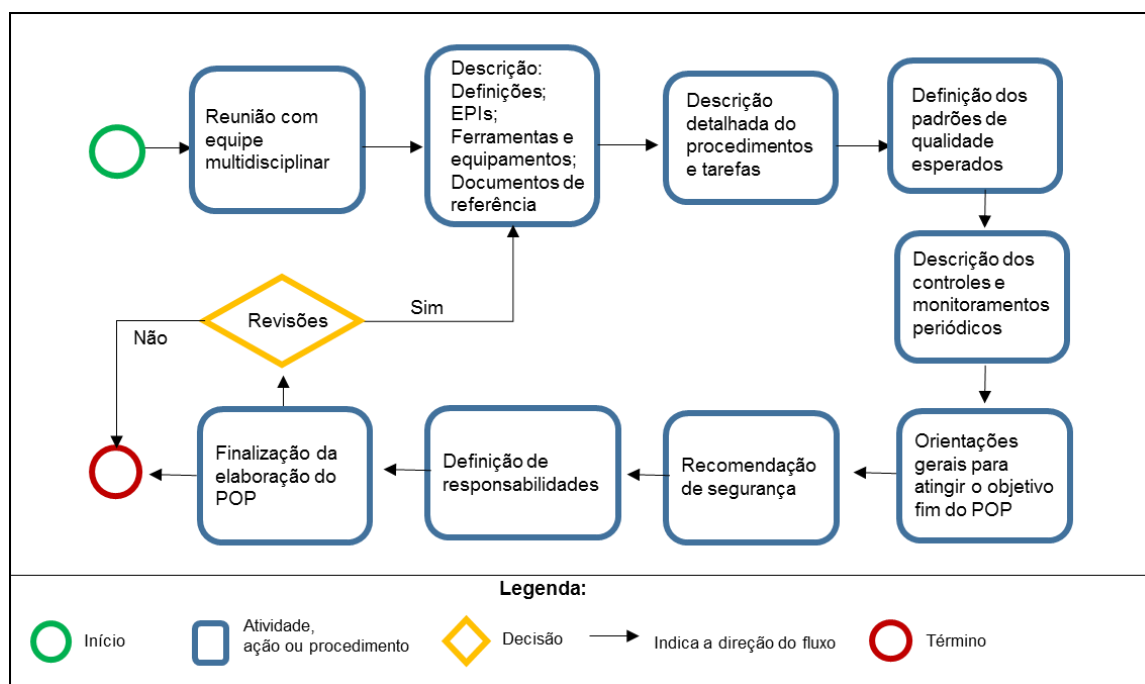
- Objetivos;
- Usuários;
- Equipamentos de Proteção Individual (EPI's);
- Ferramentas e equipamentos / insumos;
- Definições;
- Documentos de referência;
- Procedimentos Gerais;
- Condições de operação do processo de autoclavação;
- Condições de operação da Estação de Tratamento de Efluente (ETE);
- Gerenciamento de ensaios laboratoriais para a água residuária tratada de reúso;
- Monitoramento e análise dos dados laboratoriais;
- Certificação da qualidade da água residuária tratada (ART);

- Orientações para reúso da água residuária tratada (ART);
- Recomendações de segurança;
- Responsabilidades;
- Arquivo documental;
- Anexos e impressos.

A descrição de cada item foi elaborada maneira simples e objetiva a fim de que qualquer profissional seja capaz de interpretar e seguir todas as orientações e análises do POP.

Para facilitar a visualização geral e entendimento das etapas do processo, foi elaborado um fluxo de tarefas (Figura 42) que serviram para embasar a construção do POP.

FIGURA 42 - EXEMPLIFICAÇÃO DO FLUXO DE TAREFAS UTILIZADO PARA CONSTRUÇÃO DO POP



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2021.

O POP apresenta boa aplicabilidade pela facilidade com que se pode empregá-lo e a possibilidade de replicabilidade em diferentes ambientes e grupos sociais. Desta forma, poderá ser utilizado imediatamente após os ajustes sugeridos para adequação da ETE, treinamento introdutório aos colaboradores envolvidos no setor/atividades e, por último, após a aprovação da diretoria da empresa objeto de estudo.

2.1. Procedimento operacional padrão para reúso da Água Residuária Tratada (ART)

LOGO DA EMPRESA	Nº de referência	Nome			Data da elaboração
	POP-001-000	PROCEDIMENTO OPERACIONAL PADRÃO PARA REÚSO DA ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA (ART)			23/03/2021 19:57
	Revisão atual	Responsabilidades			
Versão	Data	Elaboração	Análise crítica	Aprovação	
000	23/03/21 20:00	Camila Flávia P. Silva	Thiago Vinicius de Oliveira	Wânia P. Magalhães	

1 – OBJETIVO

Padronizar as atividades desenvolvidas pelos operadores da Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde (UTRSS) durante a operação da autoclave e da ETE, e dos lavadores durante o reúso da água residuária tratada, estabelecendo rotinas de controle de produtos, máquinas e equipamentos.

2. USUÁRIOS

Operadores/Lavadores

3 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL (EPI)

Relação de EPI: macacão impermeável, luva de PVC, tênis de segurança, máscara descartável e óculos de proteção.

4 - FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS / INSUMOS

Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), autoclave, hipoclorito de sódio (cloro), água e energia.

5 – DEFINIÇÕES

- AUTOCLAVE: Câmara para tratamento de resíduos sólidos de serviço de saúde através de esterilização por vapor.

- AUTOCLAVAÇÃO: processo de esterilização a vapor, realizado por meio da autoclave, para tratamento de resíduos proveniente de estabelecimentos de serviços de saúde.
- ÁGUA RESIDUÁRIA: água resultante do processo de autoclavação de resíduos de serviços de saúde (RSS).
- ART: Água Residuária Tratada
- DN: Deliberação Normativa
- NC: Não Conforme
- NBR: Norma Brasileira
- PRO: Procedimento operacional
- PTO-AC: Procedimento técnico operacional da autoclave
- PRO-CL: Procedimento operacional da coleta
- PRS: Procedimento de sistemas
- RART: Reservatório de Água Residuária Tratada
- RNC: Relatório de Não Conformidade
- RSS: Resíduos de Serviços de Saúde
- SICLOPE: Sistema de armazenamento documental virtualizado permitindo acesso aos arquivos de vários dispositivos, da estação de trabalho da empresa ou outro dispositivo móvel
- UTRSS: Unidade de Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde

6 - DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

- PRO-CL-03 Coleta de Resíduos de Serviço de Saúde
- NBR ABNT 13.969/1997
- DN CERH-MG 65/2020
- PTO-AC-01 Processo de Autoclavagem, Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde e Teste De Esterilização - Autoclave
- PRS-003-010 Capacitação e Desenvolvimento
- PRS-003/IMP-003 - Instruções de Saúde Segurança
- PRS-007-004 Controle de Produtos Não Conforme (NC)

7 - PROCEDIMENTOS GERAIS

Os operadores da ETE, ao chegarem na empresa para iniciar sua jornada de trabalho, registram a presença no relógio de ponto para início da jornada de trabalho, dirigem-se à UTRSS, vestem o uniforme e discutem sobre os pontos críticos do serviço e questões de segurança, saúde e qualidade, por meio do Diálogo Diário de Qualidade, Segurança e Meio Ambiente (DDQSMA) de acordo com o PRS-003/IMP-003 - Instruções de Saúde Segurança.

8 - CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DO PROCESSO DE AUTOCLAVAÇÃO

Ver PTO-AC-01 Processo de Autoclavagem, Tratamento de Resíduos de Serviços de Saúde e Teste De Esterilização – Autoclave.

9 - CONDIÇÕES DE OPERAÇÃO DA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFUENTE (ETE)

Para o perfeito funcionamento da ETE, recomendamos um controle operacional de verificação conforme procedimentos descritos abaixo:

- Inspeção sensorial e visual da cor e odor da água residuária tratada (ART);
- Inspeccionar a existência de vazamento nas caixas, flanges, joelhos, tubos e conexões e realizar a troca e/ou manutenção caso seja identificado problema;
- Verificar se o quadro de comando está energizado (inspeção das lâmpadas e alarmes de aviso);
- Verificar a alternância e funcionamento das bombas de alimentação do Reservatório de Água Residuária Tratada (RART) por meio do acionamento manual pelo painel elétrico;
- Verificar funcionamento do compressor e da bomba de lodo. Ambos deverão estar sempre ligados durante todo o expediente de trabalho;
- Verificar se a pressão do manômetro do filtro de carvão ativado está marcando entre 1kg/cm² a 1,5kgf/cm² (pressão ideal de funcionamento).
- Realizar a retrolavagem do filtro de carvão ativado sempre que a pressão atingir 2kgf/cm³. Ver descrição do procedimento de retrolavagem no POP-001/IMP-002.
- Verificar funcionamento do soprador, devendo mantê-lo ligado durante todo o expediente de trabalho. A vazão de ar deverá ser controlada através da válvula instalada na parte superior do Reator Aeróbio;
- Realizar a limpeza do filtro da tubulação da bomba de alimentação do Reservatório de Água Residuária Tratada (RART). Ver descrição do procedimento no POP-001/IMP-001;
- Fazer inspeção visual no reservatório de armazenamento de cloro, devendo esta estar sempre acima de 1/3 da capacidade total do tanque que é de 100 litros. Ver descrição do procedimento no POP-001/IMP-001;
- Verificar funcionamento da bomba dosadora do cloro e presença de ar na linha;
- Fazer análise de campo dos parâmetros simples: pH, sólidos sedimentáveis e cloro residual livre. Ver descrição do procedimento no POP-001/IMP-001;

Os itens acima descritos devem ser registrados nos seguintes impressos: POP-001/IMP-001 - Monitoramento Diário, POP-001/IMP-002 – Monitoramento Semanal e Mensal.

Deverá ser aberto um Relatório de Não Conformidade (RNC) para evidenciar o não funcionamento e as ações a serem tomadas para reparar a falha.

A Tabela 1 demonstra um resumo da periodicidade de cada procedimento.

TABELA 1 – RESUMO DOS PROCEDIMENTOS E PERIODICIDADE			
Procedimento	Periodicidade		
	Diário	Semanal	Mensal
Monitorar a cor e odor da água residuária tratada (ART)	x		
Inspeccionar a existência de vazamentos na caixa, flanges, tubos, joelhos e conexões	x		
Verificar se o quadro de comando está energizado	x		
Verificar o funcionamento das bombas	x		
Inspeção de ruídos nos compressores	x		
Verificar a pressão do manômetro do filtro de carvão ativado	x		
Verificar funcionamento do soprador	x		
Adição de produto químico no reservatório do sistema de desinfecção	x		
Recirculação do lodo do decantador secundários para o reator aeróbio	x		
Realizar a limpeza do filtro da tubulação da bomba de alimentação	x		
Fazer a reposição no reservatório de armazenamento de cloro	x		
Verificar funcionamento da bomba dosadora do cloro	x		
Fazer análise de campo dos parâmetros simples: pH, sólidos sedimentáveis, cloro residual livre turbidez e <i>E.coli</i> .	x		
Acompanhar/monitorar resultado da análise laboratorial ³² para <i>E.coli</i> realizada por empresa terceira		x	
Realizar a retrolavagem no filtro de carvão ativado		x	
Remoção do lodo excedente do decantador secundário		x	
Verificar os alarmes luminosos e sonoros do quadro de comando			x
Inspeção das lâmpadas de aviso			x

10 - GERENCIAMENTO DE ENSAIOS LABORATORIAIS PARA A ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA DE REÚSO

Para que o reúso da ART seja realizado, deve-se realizar alguns monitoramentos e análises a fim de garantir a segurança prévia dos profissionais que executarão as atividades que envolve a utilização desta ART proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE).

³² Análise laboratorial realizada por empresa terceira é realizada semanalmente. Contudo, seus resultados devem ser lançados no impresso POP-001/IMP-002.

10.1 - MONITORAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS LABORATORIAIS

Conforme definido nos impressos POP-001/IMP-001 e POP-001/IMP-002, deve-se realizar a análise dos parâmetros *in loco* e avaliar os resultados conforme padrões para reúso estabelecidos pela NBR ABNT 13.969/1997 e DN CERH-MG 65/2020.

As coletas para análises laboratoriais devem ocorrer no último tanque da ETE, denominado de Reservatório de Água Residuária Tratada (RART), conforme demonstrado na Figura 1.

Caso algum dos parâmetros apresente fora dos limites determinados pelas legislações, realizar a paralização imediata do reúso da ART e avaliar a necessidade de adequações na ETE.

Nota 1: Na ausência de legislação ou normativa específica para reúso de efluentes industriais, buscou-se considerar os dispositivos legais referentes aos critérios e procedimentos para o reúso direto de água não potável, proveniente de estações de tratamento de esgotos sanitários.



Figura 1: Reservatório de Água Residuária Tratada (RART)

Análise in loco:

As análises simples devem ser realizadas *in loco* pelo colaborador capacitado para a função. Os resultados devem ser descritos no POP-001/IMP-003 - Relatório Diário de Análises de Campo.

pH: o potencial de hidrogeniônico deve ser medido por meio do medidor multiparâmetro (também mede turbidez). Deve-se coletar uma amostra de aproximadamente 300 mL da ART no Reservatório de Água Residuária Tratada (RART), realizar a medição e anotar o resultado no POP-001/IMP-003 - Relatório Diário de Análises de Campo. Após o registro no procedimento, deve-se verificar se o resultado obtido apresentou valor dentro do limite estabelecido pela DN CERH-MG 65/2020 (ver limite no Quadro 1).

Sólidos sedimentáveis: deve-se utilizar cones Inhoff para verificação deste parâmetro. Coletar água residuária no Reservatório de Água Residuária Tratada (RART). Preencher com efluente até o limite estabelecido no cone Inhoff e deixá-lo em repouso por aproximadamente 30 minutos. Os resultados servirão para demonstrar o volume dos sólidos em suspensão na amostra (a sedimentação ocorre sob

a ação da gravidade). Os resultados do teor de sólidos sedimentáveis são expressos em função de um volume (mL/L) e devem ser anotados no POP-001/IMP-003 - Relatório Diário de Análises de Campo.

Cloro residual livre: o cloro deve ser analisado por meio do clorímetro digital (medidor de cloro). Deve-se coletar uma amostra de aproximadamente 200mL da ART no Reservatório de Água Residuária Tratada (RART) e posicionar a haste dentro da amostra. Aguardar o resultado aparecer fixo na tela do medidor e anotar no POP-001/IMP-003 - Relatório Diário de Análises de Campo.

Turbidez: a turbidez deve ser medida por meio do medidor multiparâmetro (também mede pH). Deve-se coletar uma amostra de aproximadamente 300 mL da ART no Reservatório de Água Residuária Tratada (RART), realizar a medição e anotar o resultado no POP-001/IMP-003 - Relatório Diário de Análises de Campo. Após o registro no procedimento, deve-se verificar se o resultado obtido apresentou valor dentro do limite estabelecido pela DN CERH-MG 65/2020 (ver limite no Quadro 1).

Coliformes totais/*E.coli*: este parâmetro deve ser medido por meio por meio de um kit teste para detecção de coliformes totais e *E.coli*. Deve-se coletar uma amostra de pelo menos 100 mL da ART no Reservatório de Água Residuária Tratada (RART), realizar a medição e anotar o resultado no POP-001/IMP-003 - Relatório Diário de Análises de Campo. Após o registro no procedimento, deve-se verificar se o resultado obtido apresentou valor dentro do limite estabelecido pela DN CERH-MG 65/2020 (ver limite no Quadro 1).

Em paralelo também deve ser realizado um teste complementar por empresa terceira, o qual também deve avaliar o parâmetro *E.coli* presente na ART garantindo maior confiabilidade nos resultados obtidos diariamente. O funcionário terceiro, ao chegar na empresa, se identifica na portaria para que o operador da ETE o acompanhe durante a coleta da amostra. São recolhidos aproximadamente 300mL da ART, no Reservatório de Água Residuária Tratada (RART), para posteriormente ser levada ao laboratório para análise. Após 5 dias, o Relatório de Ensaio com o resultado do parâmetro é entregue à Viasolo. O operador da ETE deve então anotar o resultado no POP-001/IMP-004 - Relatório Mensal de Análises de Campo e verificar se o mesmo apresentou valor dentro do limite estabelecido pela DN CERH-MG 65/2020 (ver limite no Quadro 2).

Nota 2: O laboratório terceiro deve ser acreditado/homologado pela Rede Metrológica ou INMETRO e atender às recomendações estabelecidas por APHA (2012).

Ovos de helmintos: este parâmetro deve ser realizado por empresa terceira. O funcionário terceiro, ao chegar na empresa, se identifica na portaria para que o operador da ETE o acompanhe durante a coleta da amostra. São recolhidos aproximadamente 300mL da ART, no Reservatório de Água Residuária Tratada (RART), para posteriormente ser levada ao laboratório para análise. O Relatório de Ensaio é disponibilizado com o resultado encontrado é entregue à Viasolo. O operador da ETE deve então anotar o resultado no POP-001/IMP-004 - Relatório Mensal de Análises de Campo e verificar se

o mesmo apresentou valor dentro do limite estabelecido pela DN CERH-MG 65/2020 (ver limite no Quadro 2).

Os parâmetros analisados devem seguir os limites estabelecidos conforme Quadro 1:

QUADRO 1 - LIMITES PERMITIDOS CONFORME LEGISLAÇÕES DE REÚSO		
Parâmetro	NBR ABNT 13.969/1997³³	DN CERH-MG 65/2020³⁴
pH	Entre 6 a 8	Entre 6 a 9
Sólidos sedimentáveis (ml/L) ³⁵	<1	-
Cloro residual livre (mg/L)	Entre 0,5 e 1,5	-
Turbidez (UNT)	<5	-
Coliformes termotolerantes <i>ou E. coli</i> (MNP/100 ml)	-	$\leq 1 \times 10^3$
Coliformes termotolerantes ³⁶ NMP/100 mL	<200	
Ovos de helmintos (nº de ovos/L)	-	≤ 1

10.2 – CERTIFICAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA (ART)

Caso qualquer um dos parâmetros descritos no Quadro 1, apresente resultados fora dos limites estabelecidos pelas legislações, a prática de reúso da ART deve ser imediatamente paralisada. Deve-se realizar uma verificação minuciosa da ETE, bem como de seus componentes e dispositivos a fim de evidenciar qualquer possível desvio ocorrido durante o processo de tratamento. A liberação para o reúso da ART somente poderá retornar após análise satisfatória.

11 - ORIENTAÇÃO PARA REÚSO DA ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA (ART)

³³ Classe I - Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes.

³⁴ Categoria limitado: Lavagem de veículos especiais (tais como aqueles utilizados em coleta e transporte de resíduos sólidos domésticos, coleta seletiva, construção civil, mineração), lavagem externa de trens e aviões, controle de poeira, combate a incêndio, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgoto.

³⁵ Parâmetros e seus valores limites do efluente tratado nas águas superficiais de acordo com as classes de lançamento.

³⁶ Atualização da denominação devido a antiguidade da NBR ABNT 13.969/1997 a qual não recebeu nova atualização ou outra versão, logo o termo na legislação permanece desatualizado.

- É necessário que o funcionário esteja devidamente uniformizado e com os EPIs descritos para a função. Não devendo iniciar a atividade caso esteja faltando algum dos EPIs necessários para a execução da função.
- Para a locomoção na base, recomenda-se utilizar os acessos laterais, evitando a área entre as linhas de trabalho, exceto quando se faça necessário para manutenção e operação.
- Durante a permanência das dependências das ETE, deve-se ter cautela e atenção para evitar acidentes e danos ao equipamento.
- O acesso à ETE deve ser feito apenas pelo(s) operador(es) e/ou pessoas autorizadas pelo setor responsável, cabendo ao departamento de segurança e ao operador fazer o controle do acesso.
- As orientações para reúso da ART devem ser seguidas para total segurança do funcionário. Qualquer desvio identificado deve ser imediatamente informado ao encarregado do setor.
- O funcionário que utilizará a água residuária tratada, deve sempre aguardar a liberação prévia pelo operador da ETE, para acessar o registro que permite acesso à ART proveniente da estação de tratamento de efluentes.
- Somente após esta liberação, o usuário acionará o registro que dá acesso a ART, onde a mesma poderá ser utilizada de acordo com a orientação do operador segundo os critérios abaixo:

De acordo com o item 5.6 da NBR ABNT 13.969/1997 e a DN CERH-MG 65/2020, o efluente tratado poderá “ser reutilizado para fins que exigem qualidade de água não potável, mas sanitariamente segura, tais como, irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga dos vasos sanitários, na manutenção paisagísticas dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens, etc.”

Em relação ao grau de tratamento, o item 5.6.4 NBR ABNT 13.969/1997 determina as seguintes classificações e respectivos valores de parâmetros para esgotos, conforme o reúso:

Classe 1 – Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador incluindo chafarizes:

- Turbidez inferior a 5;
- pH entre 6,0 e 8,0;
- Cloro residual livre entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L.

Nota 3: Caso o operador da ETE não libere o acesso para reúso da ART, o usuário poderá seguir suas atividades de lavagem de veículos utilizando a água fornecida pela Companhia de Saneamento (COPASA).

12 - RECOMENDAÇÕES DE SEGURANÇA

- Iniciar os serviços utilizando uniforme, boné, Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) - quando necessário e Equipamento de Proteção Individual (EPI);
- Deixar sempre o quadro de comando dos equipamentos desligados quando não estiverem sendo usados;
- Quando os equipamentos estiverem em manutenção, limpeza ou no encerramento de expediente desligar a chave elétrica geral e identificar que está em manutenção para evitar que sejam ligados por engano;
- Deixar sempre o portão da Sala de Comando fechado.
- Proibir que pessoas operem a ETE sem conhecimento/autorização;
- Cumprir todas as recomendações da Saúde e Segurança Operacional (SSO).
- Cumprir todas as recomendações de Instruções de Saúde Segurança – PRS-003/IMP-003.

13 - RESPONSABILIDADES

Para que a atividade ocorra corretamente, são designadas autoridades/responsabilidades conforme Descrições de Cargo (DC) aplicáveis sendo DC-019 (Lavador) e DC-038 (Operador).

14 - ARQUIVO DOCUMENTAL

Todos os impressos referentes ao POP-001 - *Procedimento Operacional Padrão para Reúso da Água Residuária Tratada (ART)* poderão ser armazenados mensalmente em meios físicos conforme Lista de Mestra de Informações PRS-002/IMP-001 de cada setor, ou através de um plano criado no sistema Siclope, conforme passo a passo: SICLOPE: PLANOS > NOVO > ORIGEM: UTRSS.

15 – ANEXOS E IMPRESSOS

- POP-001/IMP-001 - Monitoramento Diário
- POP-001/IMP-002 – Monitoramento Semanal e Mensal
- POP-001/IMP-003 - Relatório Diário de Análises de campo
- POP-001/IMP-004 - Relatório Mensal de Análises de campo
- NBR ABNT 13.969/1997
- DN CERH-MG 65/2020

16											
17											
18											
19											
20											
21											
22											
23											
24											
25											
26											
27											
28											
29											
30											
31											
Legenda (o número refere-se apenas à referência para o preenchimento): 1. C - Conforme 2. NC - Não Conforme 3. R - Realizado 4. NR - Não Realizado (Informar motivo no campo observações)											
OBSERVAÇÕES: 											

LOGO DA EMPRESA	MONITORAMENTO SEMANAL E MENSAL ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE (ETE)					UNIDADE: UTRSS	
						MÊS:	
SEMANTAL	FILTRO DE CARVÃO ATIVADO 1kgf	DECANTADOR SECUNÁRIO	RESPONSÁVEL / ASSINATURA	MENSAL	QUADRO DE COMANDO		RESPONSÁVEL / ASSINATURA
	Realizar 1 x semana (durante 3 a 5 minutos OU 1000 litros OU até efluente sair com cor semelhante à do Tanque de Contato (visual) ^{1 ou 2}	Remoção do lodo excedente ^{1 ou 2}			Inspeção das lâmpadas de aviso <small>3 ou 4</small>	Inspeção dos alarmes luminosos e sonoros <small>3 ou 4</small>	
SEMANA 1							
SEMANA 2							
SEMANA 3							
SEMANA 4							
SEMANA 5							
Legenda (o número refere-se apenas à referência para o preenchimento):							
1. C - Conforme 2. NC - Não Conforme 3. R - Realizado 4. NR - Não Realizado (Informar motivo no campo observações)							
OBSERVAÇÕES:							

LOGO DA EMPRESA		RELATÓRIO DIÁRIO DE ANÁLISES DE CAMPO ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE (ETE)												UNIDADE: UTRSS
		MÊS:												
SEMANTAL	PMTRO	NBR Limite	DN Limite	PMTRO	NBR	PMTRO	NBR	PMTRO	NBR	PMTRO	Portaria Limite	PMTRO	DN Limite	RESPONSÁVEL / ASSINATURA
	pH	Entre 6 a 8	Entre 6 e 9	Sólidos sedimentáveis mL/L	<1	Cloro residual livre mg/L	Entre 0,5 e 1,5	Turbidez UNT	>0,5	Coliformes totais NMP/100ml	<500 UFC/mL	<i>E.coli</i> NMP/100ml	≤1x10 ³	
SEMANA 1														
SEMANA 2														
SEMANA 3														
SEMANA 4														
SEMANA 5														
<p>Glossário:</p> <p>PMTRO: Parâmetro NBR: NBR ABNT 13.969/1997 DN: DN CERH-MG 65/2020 Portaria: Portaria nº 2.914/2011</p> <p>Legenda:</p> <p>Inserir os resultados obtidos na medição de cada parâmetro e comparar com o limite da legislação referente.</p> <p>Parâmetro fora do limite estabelecido pela legislação: 1. Paralisar o uso imediato da água residuária tratada (ART); 2. Abrir RNC (Relatório de Não Conformidade) e anotar no campo observações - Na RNC anotar os procedimentos necessários para adequação da ETE.</p>														
OBSERVAÇÕES:														

LOGO DA EMPRESA	RELATÓRIO MENSAL DE ANÁLISES DE CAMPO - ANÁLISE TERCEIRIZADA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTE (ETE)				UNIDADE: UTRSS
					MÊS:
DIA	PARÂMETRO	DN CERH-MG 65/2020 Limite	PARÂMETRO	DN CERH-MG 65/2020 Limite	RESPONSÁVEL / ASSINATURA
	<i>E.coli</i> NMP/100ml	$\leq 1 \times 10^3$	Ovos de helmintos (nº de ovos/L)	≤ 1	
MÊS 1					
MÊS 2					
MÊS 3					
MÊS 4					
MÊS 5					
MÊS 6					
MÊS 7					
MÊS 8					
MÊS 9					
MÊS 10					
MÊS 11					
MÊS 12					
Legenda:					
Inserir os resultados obtidos na medição de cada parâmetro e comparar com o limite da legislação referente.					
Parâmetro fora do limite estabelecido pela legislação: 1. Abrir RNC (Relatório de Não Conformidade) e anotar no campo observações - Na RNC anotar os procedimentos necessários para adequação da ETE.					
OBSERVAÇÕES:					

REFERÊNCIAS

BARBOSA, C.M. *et al.* A importância dos procedimentos operacionais padrão (POPs) para os centros de pesquisa clínica. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v. 57, n. 2, p. 134-135, 2011.

BOSCARIOL, M.V.S. *et al.* Análise de Riscos de acidentes com produtos químicos e realização de procedimentos operacionais em uma fábrica de bebidas. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, v. 13, n. 1, 2017.

FREYRE, É.de.A. *et al.* **Repositório Institucional da FIOCRUZ-ARCA: a importância da uniformização de procedimentos operacionais.** 2021.

GUERRERO, G.P. *et al.* Procedimento operacional padrão: utilização na assistência de enfermagem em serviços hospitalares. **Rev. Latino-Am. Enfermagem** [serial online] 2008 Nov-Dez. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rlae/v16n6/pt_05.pdf. Acesso em: 20 mar. 2021.

HONÓRIO, R.P.P. *et al.* Validação de procedimentos operacionais padrão no cuidado de enfermagem de pacientes com cateter totalmente implantado. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 64, n. 5, p. 882-889, 2011.

MARQUES, V.T. *et al.* Construção de um manual de padronização operacional padrão para a secretaria acadêmica em uma instituição federal. **Desenvolve Revista de Gestão do Unilasalle**, v. 9, n. 3, p. 95-113, 2020.

SILVA, R.C. *et al.* Monitoramento de esgoto tratado derivado de unidades de atividades de saúde: desenvolvimento de um procedimento operacional padrão para realização de amostragem. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 6, p. 40285-40295, 2020.

STAINO, M.M.L. *et al.* Implantação da gestão por processos em uma pequena empresa de base tecnológica: diferencial de competitividade. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 4, n. 2, p. 433-442, 2013.

WEBER, V. **Procedimento operacional padrão para manutenção de motorreductores de roscas de transporte helicoidal**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

ZILLI, V.A. **Procedimento operacional padrão para a excelência no atendimento em uma clínica de ultrassonografia em Criciúma/SC**. 2016.

CONCLUSÃO GERAL

A demanda por recursos hídricos no setor industrial é, em alguns casos, inevitável para alcançar a eficiência operacional desejada. Este é o caso de operações que possuem a tecnologia de autoclavagem para tratamento de resíduos de serviços de saúde (RSS). Nessas operações também é inevitável a geração de efluentes provenientes do próprio sistema, sendo muitas vezes, descartadas em corpos d'água ou em redes coletoras de esgoto, dependendo de cada situação locacional. Devido aos custos gerados para tratamento e disposição final destas águas, a busca por tecnologias alternativas que possibilitam o reúso, tem ocasionado uma perspectiva na caracterização das águas residuárias desses setores.

Neste contexto, visando obter a sustentabilidade do processo operacional de autoclavagem de RSS, além do fator de redução de custos associado ao consumo de recursos hídricos, a empresa objeto de estudo considerou apoiar as pesquisas, disponibilizando o setor de UTRSS para a realização de análises e testes de eficiência que contribuíssem para os resultados desta dissertação.

Ao analisar estatisticamente o efluente bruto gerado após a esterilização dos RSS, esses mantiveram características semelhantes, direcionando ao resultado de “não significativo” (ns) obtido por meio do teste de Mann-Whitney U.

Constatou-se por meio da verificação dos dados absolutos (reais) e estatísticos que, a possibilidade de reúso da água residuária tratada para fins menos nobres e não potáveis após a realização de algumas adaptações na estação de tratamento da empresa objeto deste estudo bem como a padronização dos processos que o envolvem, garantindo o alinhamento e a qualidade do sistema por meio do Procedimento Operacional Padrão (POP).

ANEXO A - Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos (PRECEND)

Em Minas Gerais, para que o empreendimento possa lançar seus efluentes líquidos na rede coletora, a Copasa - concessionária responsável pelo tratamento de esgoto, apresenta como alternativa ambientalmente adequada o PRECEND - Programa de Recebimento e Controle de Efluentes Não Domésticos³⁷.

O PRECEND regulamenta o recebimento destes efluentes e determinam os padrões de lançamento, conforme determinação das Resoluções nº 40/2013 e nº 117/2018 da Agência Reguladora de Serviços de Abastecimento de Água e de Esgotamento Sanitário do Estado de Minas Gerais - ARSAE-MG.

As principais etapas para adesão deste programa estão demonstradas conforme Tabela 1:

Tabela 1 – Quadro com etapas para adesão ao PRECEND

1	Solicitação (pelo cliente) do Laudo de liberação das instalações sanitárias;
2	Vistoria inicial da Copasa no estabelecimento para avaliar se o mesmo está dispensado ou não do ingresso ao Programa PRECEND;
3	Solicitação de ingresso e liberação de documento para órgão ambiental (se confirmado a necessidade de aderir ao PRECEND);
4	Elaboração de Projeto Técnico conforme Norma Técnica T.187/6 onde contempla duas etapas de aprovação: Parte A e Parte B. Somente após a aprovação de ambas etapas é possível elaborar o contrato junto as partes e iniciar o lançamento;
5	Assinatura do contrato entre as partes;
6	Automonitoramento e acompanhamento dos efluentes por meio de análises realizadas por laboratório acreditado/homologado pela Rede Metrológica ou INMETRO e, posteriormente, apresentada à Copasa para avaliação e fiscalização, quando necessário.

Fonte: Norma Técnica T.187/6, 2018.

Durante a elaboração do Projeto Técnico baseado na Norma Técnica nº T.187-6, homologada pela Resolução ARSAE MG nº 117/2018, o empreendimento deve atender a condições específicas baseadas no Fator de Carga Poluidora K. O fator K incide no cálculo da fatura mensal de esgoto do estabelecimento usuário onde, “quem polui mais, paga mais”. O fator é definido de acordo com os resultados dos parâmetros

³⁷ Efluente não doméstico: aquele que é diferente do gerado nas residências: em quantidade e/ou qualidade.

de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DQO) e Sólidos em Suspensão Totais (SST) conforme demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2 - Fator de Carga Poluidora K

	≤300	301 a 354	355 a 425	426 a 555	556 a 720	721 a 1032	1033 a 1770	1771 a 4000
≤ 450	1,00	1,02	1,05	1,11	1,20	1,35	1,66	2,55
451 a 591	1,03	1,05	1,08	1,14	1,23	1,38	1,69	2,58
592 a 765	1,10	1,11	1,15	1,21	1,30	1,44	1,76	2,65
766 a 1040	1,19	1,21	1,25	1,31	1,39	1,54	1,85	2,74
1041 a 1430	1,33	1,35	1,39	1,45	1,53	1,68	1,99	2,88
1431 a 2000	1,53	1,55	1,59	1,65	1,74	1,88	2,19	3,09
2001 a 3360	1,94	1,96	2,00	2,06	2,14	2,29	2,60	3,49
3361 a 7000	3,00	3,01	3,11	3,11	3,20	3,34	3,66	4,55

Fonte: Norma Técnica T.187/6, 2018.

O cálculo do valor a pagar para a concessionária é baseado em dois casos: quando o efluente é lançado na rede coletora de esgotos da COPASA onde deve-se considerar a seguinte fórmula: $K=0,63 + 0,19 \times (DQO/450) + 0,18 \times (SST/300)$ e para quando o efluente é transportado para pontos de recebimento da COPASA, onde deve-se considerar a fórmula: $K=0,26 + 0,38 \times (DQO/450) + 0,36 \times (SST/300)$.

Quando os valores de DQO e SST apresentados pelo empreendimento for menor ou igual aos valores mínimos³⁸ admitidos para o cálculo do fator de carga poluidora K, considera-se que as características do efluente correspondem a esgoto doméstico, não necessitando então, de pagamento à concessionária.

³⁸ Valor mínimo admitido: DQO ≤ 450 mg/L e SST ≤ 300 mg/L.

APÊNDICE A - Declaração de apoio da Viasolo Engenharia Ambiental (2017)



DECLARAÇÃO DE APOIO PARA PROJETO DE MESTRADO

Declaro para os devidos fins que a Sra. CAMILA FLÁVIA PEIRERA SILVA, portadora do CPF 067.571.836-84, residente no endereço, Rua Ildeu Gomes do Prado, nº 116, bairro Filadélfia, Betim – MG, **obtem o apoio** da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S.A., CNPJ: 00.262.081.0008-17, localizada no endereço Avenida da Praia, nº100 Riacho das Areias-MG, para desenvolver seu Projeto "Tratabilidade e Recuperação de Águas Residuárias Provenientes da Autoclavação de Resíduos de Serviços de Saúde, como requisito básico para candidatura à vaga para turma do Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, oferecido pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, campus Bambuí – MG.

Betim, 14 de novembro de 2017.



Wânia Pinheiro Magalhães – Diretora
Viasolo Engenharia Ambiental S.A.

Av. da Praia, 100, Betim Industrial, Betim-MG, CEP 32.671-172
CNPJ 00.262.081/0001-40 (31) 3511 9009 www.viasolo.com.br



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

APÊNDICE B - Declaração de apoio da Viasolo Engenharia Ambiental (2021)



DECLARAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO, EXECUÇÃO E APRESENTAÇÃO DE PROJETO DE Mestrado EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA AMBIENTAL

Declaro para os devidos fins que a Sra. CAMILA FLÁVIA PEIRERA SILVA, portadora do CPF 067.571.836-84, residente no endereço, Rua Ideu Gomes do Prado, nº 116, bairro Filadélfia, Betim – MG, obtém a aprovação da empresa Viasolo Engenharia Ambiental S.A., CNPJ: 00.262.081.0008-17, localizada no endereço Avenida da Praia, nº100 Riacho das Areias-MG, para apresentar seu projeto intitulado como "Tratabilidade e Reuso de Água Residuária Proveniente da Autoclavação de Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde: Estudo de caso da Viasolo Engenharia Ambiental S/A", como requisito básico para a qualificação e defesa do estudo para o Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, oferecida pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, campus Bambuí – MG.

Betim, 01 de março de 2021.

Wânia Pinheiro Magalhães - Diretora
Viasolo Engenharia Ambiental S.A.

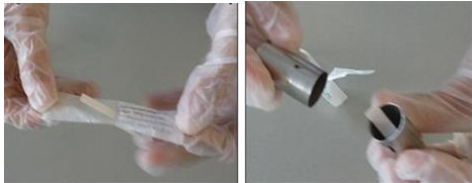


APÊNDICE C – Resultados dos testes realizados, ciclos e RSS tratados em 2019 e 2020

PROGRAMA DE ACOMPANHAMENTO/TRATAMENTO DOS RESÍDUOS DE SERVIÇOS DE SAÚDE (RSS)						
PERÍODO AVALIADO: 2019 e 2020						
Mês	Total de RSS tratado/mês	Total de ciclos realizados/mês	Total de indicadores biológicos realizados/mês	Total de indicadores químicos realizados/mês	Total de indicadores bowie-dick realizados/mês	Resultado
Janeiro	143.602	191	26	748	4	Satisfatório
Fevereiro	133.408	179	24	700	4	Satisfatório
Março	140.308	195	26	764	4	Satisfatório
Abril	158.495	199	25	768	5	Satisfatório
Mai	162.491	226	26	888	4	Satisfatório
Junho	138.346	180	22	704	4	Satisfatório
Julho	153.187	199	41	768	8	Satisfatório
Agosto	141.827	181	65	684	8	Satisfatório
Setembro	142.364	176	39	564	8	Satisfatório
Outubro	154.411	206	44	788	9	Satisfatório
Novembro	144.202	182	40	716	8	Satisfatório
Dezembro	143.256	181	43	676	10	Satisfatório
TOTAL 2019	1.755.897	2.295	421	8.768	76	
Janeiro	145.748	175	43	700	8	Satisfatório
Fevereiro	136.959	169	42	636	8	Satisfatório
Março	135.153	168	44	632	8	Satisfatório
Abril	100.268	142	35	536	10	Satisfatório
Mai	112.338	157	37	592	8	Satisfatório
Junho	124.232	195	42	760	8	Satisfatório
Julho	163.475	248	37	960	10	Satisfatório
Agosto	166.511	255	45	980	10	Satisfatório
Setembro	163.336	260	40	1008	8	Satisfatório
Outubro	176.208	267	46	1036	8	Satisfatório
Novembro	162.601	240	45	920	9	Satisfatório
Dezembro	193.659	288	30	1128	5	Satisfatório
TOTAL 2020	1.780.488	2.564	486	9.888	100	
TOTAL GERAL	5.292.282	7.154	1.328	27.424	252	

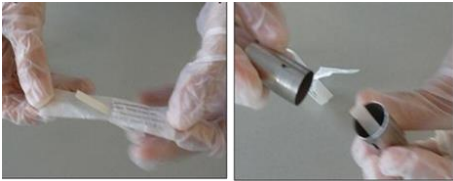
Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

APÊNDICE D - Resultados laboratoriais das análises de inativação microbiana durante o ano de 2019

RESULTADOS CONFORME CERTIFICAÇÃO DE ENSAIOS EMITIDOS PELO LABORATÓRIO DO SENAI PARA O TESTE DE INATIVAÇÃO DA CARGA MICROBIANA DURANTE O CICLO DE TRATAMENTO POR AUTOCLAVAÇÃO - ANO 2019									
Imagem demonstrativa da Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i> usada durante o ciclo de tratamento por autoclavação									
Ano	Identificação do laboratório	Data da coleta	Hora da coleta	Equipamento Nº do ciclo	Descrição	Data do ensaio	Parâmetro	Resultado	Limite permitido CETESB P2.112
2019	473	22/01/2019	9h	Autoclave 02 Ciclo não informado	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	22/01/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	2378	20/02/2019	9h	Autoclave 02 Ciclo não informado	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	20/02/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	4050	20/03/2019	10h46	Autoclave 02 Ciclo 10916	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	20/03/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	7771	30/04/2019	9h59	Autoclave 02 Ciclo 11177	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	30/04/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	12730	22/05/2019	9h	Autoclave 02 11341	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	22/05/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	12729	18/06/2019	11h38	Autoclave 02 Ciclo 11525	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	18/06/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	15200	18/07/2019	8h06	Autoclave 02 Ciclo 11685	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	18/07/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	21192	20/08/2019	9h45	Autoclave 02 Ciclo 11797	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	20/08/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	24002	24/09/2019	10h55	Autoclave 02 Ciclo 11914	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	24/09/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	27750	22/10/2019	10h38	Autoclave 02 Ciclo 12004	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	22/10/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	30275	21/11/2019	9h21	Autoclave 02 Ciclo 12096	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	21/11/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos
2019	31088	11/12/2019	9h32	Autoclave 02 Ciclo 12168	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	11/12/2019	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log10 na concentração de esporos



Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

APÊNDICE E - Resultados laboratoriais das análises de inativação microbiana durante o ano de 2020

RESULTADOS CONFORME CERTIFICAÇÃO DE ENSAIOS EMITIDOS PELO LABORATÓRIO DO SENAI PARA O TESTE DE INATIVAÇÃO DA CARGA MICROBIANA DURANTE O CICLO DE TRATAMENTO POR AUTOCLAVAÇÃO - ANO 2020									
Imagem demonstrativa da Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i> usada durante o ciclo de tratamento por autoclavação									
Ano	Identificação do laboratório	Data da coleta	Hora da coleta		Descrição	Data do ensaio	Parâmetro	Resultado	Limite permitido CETESB P2.112
2020	8066	15/01/2020	9h49	Autoclave 2 Ciclo 12283	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	15/01/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	8067	05/02/2020	10h02	Autoclave 02 Ciclo 12351	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	05/02/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	8068	11/03/2020	9h13	Autoclave 02 Ciclo 12465	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	11/03/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	8069	29/04/2020	12h	Autoclave 03 Ciclo 815	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	29/04/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	9077	21/05/2020	12h57	Autoclave 02 Ciclo 12639	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	21/05/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	10878	29/06/2020	13h10	Autoclave 02 Ciclo 12728	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	29/06/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	12190	30/07/2020	14h25	Autoclave 02 Ciclo 12896	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	30/07/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	12191	04/08/2020	13h27	Autoclave 02 Ciclo 12910	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	04/08/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	14268	10/09/2020	13h11	Autoclave 03 Ciclo 1327	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	10/09/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	15978	14/10/2020	13h49	Autoclave 03 Ciclo 1500	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	14/10/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	19366	18/11/2020	13:39	Autoclave 02 Ciclo 13305	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	18/11/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos
2020	19388	02/12/2020	13h15	Autoclave 03 Ciclo 1749	Fita <i>Geobacillus stearothermophilus</i>	02/12/2020	Avaliação de inativação microbiana	Ausência de crescimento microbiano após 7 dias de incubação	Redução de 4 log ₁₀ na concentração de esporos

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.

APÊNDICE F - Resultados laboratoriais das análises de quantificação microbiana durante o ano de 2019 e 2020

RESULTADOS CONFORME CERTIFICAÇÃO DE ENSAIOS EMITIDOS PELO LABORATÓRIO DO SENAI PARA O TESTE DE QUANTIFICAÇÃO MICROBIANA, ANTES E APÓS O CICLO DE TRATAMENTO POR AUTOCLAVAÇÃO - ANO 2019										
Imagem demonstrativa do quarteamento dos RSS <u>ANTES</u> do tratamento por autoclavação					Imagem demonstrativa do quarteamento dos RSS <u>APÓS</u> do tratamento por autoclavação					
										
Ano	Parâmetro	Identificação do laboratório	Data da coleta	Hora da coleta	temperatura de tratamento	Equipamento Nº do ciclo	Data do ensaio	Resultado ANTES do tratamento	Resultado APÓS o tratamento	Incerteza Limite inferior Limite superior (após tratamento)
2019	Coliformes totais MMP/100mL	12842	22/05/2019	Ente 9h e 10h	132°C	Autoclave 02 Ciclo 11341	22/05/2019	>24196	7	0 - 15
	Escherichia coli MMP/100mL							52	<1	0 - 4
	Coliformes termotolerantes MMP/100mL							2300	<1,8	6,8 - 70
	Estreptococos fecais MMP/100mL							170	33	10 - 100
	Contagem total de fungos UFC/mL							83	5	-
Contagem de Pseudomonas aeruginosa UFC/mL	170	31	26 - 36							
2019	Coliformes totais MMP/100mL	24003	24/09/2019	Ente 10h40 e 10h55	132°C	Autoclave 02 Ciclo 11914	24/09/2019	>24196	<1	0 - 4
	Escherichia coli MMP/100mL							>24196	<1	0 - 4
	Coliformes termotolerantes MMP/100mL							>160000	<1,8	6,8 - 70
	Estreptococos fecais MMP/100mL							>160000	<1,8	6,8 - 70
	Contagem total de fungos UFC/mL							104	<1	-
Contagem de Pseudomonas aeruginosa UFC/mL	89	17	12.-22							
2020	Coliformes totais MMP/100mL	8070	29/04/2020	Ente 11h e 12h	132°C	Autoclave 03 Ciclo 815	29/04/2020	>2420	<1	0 - 4
	Escherichia coli MMP/100mL							>2420	<1	0 - 4
	Coliformes termotolerantes MMP/100mL							>1600	<1,8	6,8 - 70
	Estreptococos fecais MMP/100mL							>1600	170	58 - 400
	Contagem total de fungos UFC/mL							>300	<1	-
Contagem de Pseudomonas aeruginosa UFC/mL	41	10	9.-11							
2020	Coliformes totais MMP/100mL	14269	09/09/2020	Ente 9h59 e 11h	132°C	Autoclave 02 Ciclo 13051	09/09/2020	<1	<1	0 - 4
	Escherichia coli MMP/100mL							<1	<1	0 - 4
	Coliformes termotolerantes MMP/100mL							3300	<1,8	6,8 - 70
	Estreptococos fecais MMP/100mL							110	<1,8	6,8 - 70
	Contagem total de fungos UFC/mL							109	<1	-
Contagem de Pseudomonas aeruginosa UFC/MI	18	6	5.-7							

Fonte: SILVA, Camila Flávia Pereira, 2020.