

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA AMBIENTAL**

CASSIA REGINA CESAR MARTINI

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE RESISTÊNCIA
ANTIMICROBIANA EM *Escherichia coli* ISOLADA DE AMOSTRAS
DE ESGOTO E CORPO HÍDRICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

CASSIA REGINA CESAR MARTINI

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E DE RESISTÊNCIA
ANTIMICROBIANA EM *Escherichia coli* ISOLADA DE AMOSTRAS
DE ESGOTO E CORPO HÍDRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro
Ambiental, da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Juliana Bortoli
Rodrigues Mees

Co-orientador: Prof. Dr. Marcia Antonia
Bartolomeu Agustini

MEDIANEIRA

2017

À memória de minha amada e querida avó, Jomar de Lourdes A. Castanho Cezar, grande mulher e exemplo de sabedoria, por todo apoio e dedicação à realização deste sonho.

À memória de meu querido pai, João Martini, por estar sempre presente, me dando suporte para enfrentar toda e qualquer adversidade.

À minha querida mãe, Maria José Castanho Cesar por todo carinho e compreensão durante toda a minha graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser essencial em minha vida, autor do meu destino, meu guia e socorro presente na hora da angústia.

Ao meu pai João Martini pelo amor incondicional e pela paciência. Por acreditar e respeitar minhas decisões, nunca deixando com que as dificuldades acabassem com meus sonhos.

A minha mãe Maria José Castanho e avó Jomar Castanho, por terem sentido comigo as angústias e felicidades dessa jornada. Pelo amor e apoio depositados por todos esses anos.

Aos familiares que torceram e acreditaram na conclusão deste curso, fico muito grata.

Aos amigos distantes que mesmo inconscientemente me incentivaram a correr atrás dos meus objetivos.

Aos amigos Raíssa, Aline, Mourize, Tamires, Nathalie, Helen, Ariane, Nelsi, Vitor, Jan, Édio, Tonho, Rahal, Raphael e Renato pelas ótimas histórias e longos papos, pela amizade e por ajudar a tornar vida acadêmica muito mais divertida.

A Marinna e a Paula pela cumplicidade, por me cederem carinho, compreensão e até mesmo a casa.

Aos amigos que não citei, mas que fizeram parte da minha jornada acadêmica e tenho muito a agradecer.

Aos meus amigos e voluntários Ricardo, Jadiane e Jessica, por toda dedicação e engajamento nas análises realizadas neste Trabalho.

A minha orientadora, Prof. Dr.^a Juliana pelo empenho, paciência, credibilidade e pela amizade construída não só durante a realização deste trabalho, como também pelos anos de curso.

A minha co-orientadora, Prof. Dr.^a Marcia pelos ensinamentos, pelo apoio e confiança neste trabalho.

Ao mundo por estar em constante mudança, dando-nos a oportunidade de descobrir coisas novas a cada momento e sempre nos dando a chance de recomeçar.

Alguns homens veem as coisas como são, e dizem: 'Por quê?' Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo: 'Por que não?'

Geroge Bernard Shaw

RESUMO

MARTINI, Cassia Regina Cesar. **Caracterização de resistência antimicrobiana em *Escherichia coli* isolada de amostras de esgoto e corpo hídrico**. 51 fl. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2017.

As atividades antrópicas estão diretamente relacionadas ao uso dos recursos naturais e, por conseguinte, a contaminação dos mesmos, principalmente da água, cuja importância é indiscutível à vida. Após ser utilizada, a água acaba sendo descartada como esgoto e é de extrema importância que receba tratamento adequado antes de ser devolvida ao ambiente. Por conta da falta de acesso à rede de esgotos pela totalidade da população, diversas pessoas morrem em decorrência de doenças gastrointestinais, causadas pelo consumo de águas contaminadas com patógenos. Um desses organismos é a *Escherichia coli*, cuja presença é um indicativo de contaminação fecal. Pelo exagerado consumo de antibióticos pela população, a *E. coli* pode vir a se tornar resistente à esses antimicrobianos por alterações genéticas que beneficiam à sobrevivência de uma linhagem bacteriana. O presente trabalho teve como intuito investigar a presença e a resistência antimicrobiana da *Escherichia coli* no esgoto bruto e tratado do sistema de tratamento de esgoto do município de Medianeira e corpo receptor, bem a caracterização físico-química dos efluentes, bruto e tratado. Para identificar o grau de trofia do corpo hídrico foi utilizado o modelo proposto por Lamparelli (2004), sendo uma ferramenta eficaz e de fácil aplicação para a determinação do índice de estado trófico em ambientes lóticos. As análises físico-químicas foram comparadas com a legislação brasileira e apresentaram algumas não conformidades nos parâmetros de DQO, as formas de nitrogênio e fósforo. Em relação à resistência antimicrobiana, foi calculado o índice de múltipla resistência a antimicrobianos, tendo como resultado a múltipla resistência em todas as campanhas

Palavras-Chave: Água. Contaminação. *Echerichia coli*. Coliforme. Antibióticos.

ABSTRACT

MARTINI, Cassia Regina Cesar. **Characterization of antimicrobial resistance in *Escherichia coli* isolated from sewer and water body samples.** 51 fl. TCC (Graduation) – Course of Environmental Engineering, Technological Federal University of Paraná, Medianeira, 2017.

Anthropogenic activities are directly related to the use of natural resources and, therefore, their contamination, especially of water, whose importance is indisputable to life. After being used, the water ends up being discarded as sewage and it is of extreme importance that it receives adequate treatment before return to the environment. Due to the lack of access to the sanitation system throughout the population, several people die due to gastrointestinal diseases caused by the consumption of water contaminated with pathogens. One of these organisms being *Escherichia coli*, which is an indication of fecal contamination. Due to the exaggerated consumption of antibiotics by the population, *E. coli* may become resistant to these antimicrobials due to genetic alterations that benefit the survival of a bacterial lineage. The present paper aims to investigate the presence and antimicrobial resistance of *Escherichia coli* in the raw and treated sewage of the sewage treatment system of Medianeira municipality and receiving body, as well as the physical and chemical characterization of the raw and treated effluents. To identify the trophic level of the water body, it was used the model proposed by Lamparelli (2004), being an effective and easily applied tool for the determination of trophic state index in lotic environments. The physicochemical analyzes were compared with the Brazilian legislation and some nonconformities were found in the COD parameters, forms of nitrogen and phosphorus. Regarding antimicrobial resistance, the multiple antimicrobial resistance index was calculated, resulting in multiple resistance in all the campaigns.

Palavras-Chave: Water. Contamination. *Echerichia coli*. Coliform. Antibiotics.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características do esgoto sanitário bruto	14
Tabela 2 - Características típicas do esgoto sanitário bruto.....	15
Tabela 3 - Microrganismos presentes em 100 mL da amostra.....	15
Tabela 4 - Localização e caracterização dos pontos de coleta.	21
Tabela 5 - Localização e caracterização dos pontos de coleta.	22
Tabela 6 - Parâmetros físico-químicos a serem avaliados.....	23
Tabela 7 - Parâmetros microbiológicos a serem analisados.	23
Tabela 8 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos analisados no esgoto bruto e tratado	27
Tabela 9 - Valores médios dos parâmetros microbiológicos analisados no esgoto bruto e tratado	27
Tabela 10 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos analisados no corpo receptor	30
Tabela 11 - Valores médios dos parâmetros microbiológicos analisados no rio Alegria	30
Tabela 12 - Valores de índice de estado trófico (IET) para os pontos do rio Alegria.	32
Tabela 13 - Classificação do Estado Trófico para rio	33
Tabela 14 - Coliformes totais e termotolerantes nos esgotos bruto e tratado	34
Tabela 15 - Coliformes totais e termotolerantes presentes nos pontos do rio Alegria	35
Tabela 16 - Resistência da E. coli nos esgotos bruto e tratado.....	35
Tabela 17 - Resistência da E. coli nos esgotos bruto e tratado.....	36
Tabela 19 - Resistência da E. coli no corpo receptor	37
Tabela 20 - Índice de múltipla resistência a antimicrobianos	38

LISTA DE SIGLAS

ABR	Anaerobic Baffled Reactor
CT	Coliformes Totais
CTT	Coliformes Termotolerantes
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia coli</i>
EC	Caldo <i>Escherichia coli</i>
EMB	Ágar Eosina Azul de Metileno
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
IET	Índice de Estado Trófico
LST	Caldo Lauril Sulfato Triptose
NA	Nitrogênio Amoniacal
NMP	Número Mais Provável
OD	Oxigênio Dissolvido
OG	Óleos e Graxas
pH	Potencial Hidrogeniônico
PT	Fósforo Total
SSed	Sólidos Sedimentáveis
ST	Sólidos Totais
STF	Sólidos Totais Fixos
STV	Sólidos Totais Voláteis
UASB	Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 OBJETIVOS.....	7
1.1.1 objetivo geral	7
1.1.2 objetivos específicos	7
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS.....	9
2.2 Principais Fontes Poluidoras.....	12
2.2.1 esgotos domésticos e sanitários	13
2.3 OCORRÊNCIA DE ANTIBIÓTICOS E ORGANISMOS RESISTENTES	15
2.3.1 Resistência a Antibióticos.....	17
2.3.2 <i>Escherichia coli</i>	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL	20
3.1.1 Rio Alegria e Estação de Tratamento de Esgotos.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO ESGOTO SANITÁRIO BRUTO E TRATADO	27
5 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
6 REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Atividades antrópicas aliadas ao crescimento populacional desenfreado contribuem para o aumento do uso dos recursos naturais, principalmente a água, cuja presença é essencial para a manutenção da vida. Tais atividades são, normalmente, responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos.

Como a vida é completamente dependente deste tipo de recurso, é indispensável à conservação e manutenção dos recursos hídricos, evitando seu uso indiscriminado. Geralmente após seu uso, a água é descartada como esgoto e, é de extrema importância que antes de ser devolvido ao ambiente, este receba tratamento adequado em uma Estação de Tratamento de Esgoto.

No Brasil, apenas 40,8% do esgoto gerado recebem algum tipo de tratamento e, portanto, quase 60% do esgoto gerado no país são lançados em corpos d'água (SNIS, 2016). Esta carência no tratamento de esgoto afeta a biota aquática, degrada os recursos hídricos, além de contribuir para a transmissão de doenças de veiculação hídrica, que segundo a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2010), são classificadas como doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado. Logo, a existência dos serviços de saneamento está diretamente ligada à manutenção da saúde e qualidade de vida da população, reduzindo inclusive custos relacionados aos serviços de saúde. Indicadores de contaminação fecal, a *Escherichia coli* é uma bactéria existente no trato digestivo de animais de sangue quente que pode causar doenças, como gastroenterite, por meio do consumo com a água contaminada.

As águas contaminadas podem apresentar poluentes como matéria orgânica, sólidos, nutrientes e fármacos. A ocorrência de fármacos residuais no ambiente pode apresentar efeitos adversos tanto em organismos aquáticos quanto em terrestres, porém, há pouco conhecimento sobre o comportamento dessas substâncias no meio e qual o grau em que afetam os organismos, por isso são denominados micropoluentes emergentes.

Pelo consumo exacerbado de fármacos, principalmente antibióticos, algumas espécies de patógenos podem desenvolver resistência a este fármaco por meio de mutações e, essas alterações genéticas vão se estabilizando em benefício da

sobrevivência de uma linhagem bacteriana. Segundo Belisário et al. (2009), os fármacos podem ser encontrados frequentemente em águas superficiais, águas de abastecimento e em estações de tratamento de esgoto, onde há uma variedade de métodos utilizados para o tratamento da água objetivando um produto adequado tanto para o consumo humano quanto para a reinserção no meio ambiente, entretanto, a maioria dos métodos não é capaz de remover completamente os fármacos residuais presentes na água.

Na região oeste do Paraná, os sistemas de tratamento de esgotos mais encontrados são os que operam com o uso do Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado (RALF) e com lagoas de estabilização, sistemas com enfoque principal na remoção de matéria-orgânica. Para que os sistemas de tratamento satisfaçam as necessidades do crescimento populacional e cumpram os requisitos estabelecidos nas legislações tanto para parâmetros físico-químicos quanto para microbiológicos, os mesmos precisam ser dimensionados adequadamente.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Caracterizar por parâmetros físico-químicos e a resistência antimicrobiana da *Escherichia coli* no sistema de tratamento de esgoto do Município de Medianeira e corpo receptor – Rio Alegria.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Caracterizar o efluente bruto e tratado, através de parâmetros microbiológicos (Coliformes totais e coliformes termotolerantes) e

físico-químicos (Demanda Química de Oxigênio, pH, temperatura, oxigênio dissolvido e nutrientes);

- b) Caracterizar o corpo receptor a montante e jusante do lançamento do esgoto tratado utilizando parâmetros microbiológicos e físico-químicos;
- c) Investigar a presença da *Escherichia coli* e, elaborar o perfil da resistência antimicrobiana no esgoto bruto, tratado e corpo receptor.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos, a importância da qualidade da água está explícita entre seus objetivos, dos quais, visa assegurar às gerações futuras a disponibilidade de água em padrões de qualidade adequados aos usos (BRASIL, 1997). Apesar da insuficiência das redes de monitoramento da qualidade da água no país, as regiões hidrográficas com melhores condições de monitoramento são as do Paraná, na qual se situa o rio de interesse do presente trabalho, do São Francisco, dos Atlânticos Leste, Sudeste e Sul e do Paraguai (ANA, 2005).

A mudança na qualidade das águas pode ser causada tanto por condições naturais quanto por condições antrópicas, em menor e maior escala respectivamente (ALVES et al., 2012). escoamento superficial, infiltração e arraste de partículas podem ser citados como condições naturais, uma vez que, ocorrem mesmo com a bacia hidrográfica totalmente preservada. Como ações antrópicas, a construção de barragens, o aumento das áreas agrícolas e a elevada carga de efluentes industriais e domésticos, são exemplos de fatores que afetam a qualidade das águas (BARBOSA et al., 2011).

Por ser o principal veículo para despejo de esgotos, a água torna-se um meio de transporte para agentes biológicos ou químicos que podem ocasionar danos à saúde (PRESTES et al., 2011). Devido a este fator, há a necessidade de caracterizar o esgoto bruto e tratado, visando atender legislações e padrões de lançamento, onde os principais parâmetros utilizados são: o potencial hidrogeniônico (pH), temperatura, oxigênio dissolvido (OD), nitrogênio amoniacal, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sólidos totais fixos (STF), sólidos totais voláteis (STV), sólidos sedimentáveis (SS), fósforo total e óleos e graxas residuais (LOPES, 2015).

Algumas reações nos esgotos são influenciadas pelos parâmetros físico-químicos, por exemplo, a temperatura, que influencia diretamente na solubilidade dos gases, principalmente o oxigênio, interferindo nas reações físicas, químicas e biológicas, além disso, a temperatura ainda interfere na atividade microbiana, pois temperaturas muito baixas ou demasiadamente elevadas cessam as atividades microbianas (LOPES, 2015).

Outro parâmetro que influencia diretamente a vida aquática é o pH, pois cada microrganismo apresenta uma faixa de pH ótimo para desenvolvimento (TEIXEIRA et al,2007). Além disso, o pH influencia diretamente diversas reações que ocorrem durante o tratamento de esgoto, por exemplo, em elevadas faixas de pH podem ocorrer a precipitação química de metais tóxicos e o arraste de amônia convertida à forma gasosa (LOPES, 2015).

O oxigênio dissolvido é essencial para os seres aquáticos aeróbios, no entanto, a diminuição de sua concentração na água, é um indicador de poluição por matéria orgânica, pois é utilizado na decomposição da mesma (DERISIO, 2012).

Nos esgotos, a matéria orgânica é constituída basicamente por uma faixa de 40 a 60% de proteínas, de 25 a 50% de carboidratos e de 8 a 12% de óleos e graxas. Outro importante composto orgânico é a ureia, principal constituinte da urina humana. Há também a possibilidade de ocorrência de moléculas orgânicas sintéticas, cujas estruturas podem variar de simples a extremamente complexas (METCALFY; EDDY, 2003). A Demanda Química de Oxigênio (DQO) pode ser um indicador de matéria orgânica, que analisa a quantidade de oxigênio consumido para a degradação da matéria orgânica, pela ação de um agente químico e, vale ressaltar que, quanto maior a carga orgânica presente na água, mais poluída a mesma estará (KUSS; CASTRO, 2016).

A matéria orgânica pode ser medida de forma indireta pelos métodos de Demanda Química de Oxigênio (DQO) e Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) e de forma direta pelo método de Carbono Orgânico Total (COT), sendo o recomendado para estes métodos, concentrações superiores a 1 mg.L^{-1} . A DBO consiste na determinação da diferença de concentração de oxigênio da amostra no dia e após um período de incubação de 5 dias a 20°C , onde a diferença corresponde ao oxigênio gasto pelos microrganismos para a estabilização da matéria orgânica. Já

a DQO mede a quantidade de oxigênio gasta para degradar a matéria orgânica através de um agente químico, e os principais métodos de medição são o titulométrico com refluxo aberto e o colorimétrico com refluxo fechado (APHA et al., 2012)

Ainda há a questão da presença de nutrientes como, por exemplo, o nitrogênio e o fósforo, cujas presenças são indispensáveis para o crescimento de algas, no entanto, o primeiro pode estar relacionado a doenças ou então, dependendo de sua forma, pode apresentar toxicidade. Além disso, podem fornecer informações sobre o estágio da poluição. A quantidade e os tipos de nutrientes presentes no ambiente aquático interferem significativamente na atividade microbiana, como por exemplo, o excesso de nitratos ou fósforos podem causar um supercrescimento de algas na água, esgotando o oxigênio e extinguindo as demais formas de vida aquática (ODUM, 2008).

O nitrato, uma das formas do nitrogênio, possui alta solubilidade em água e é possivelmente o contaminante mais difundido na água do mundo, resultado da ativa utilização de fertilizantes, como também da disposição atual de resíduos animais, urbanos e industriais (HOU et al., 2015). A ingestão de água com altas concentrações de nitrato pode causar sérios danos à saúde, como o câncer de estômago e de esôfago, e também a chamada “síndrome do bebê azul”, perigosa para bebês menores de seis meses (COSTA, 2016).

Além dos parâmetros físico-químicos indicativos de poluição em corpos d'água, há inúmeros organismos cuja presença também indica uma forma de poluição, no entanto, para poluição com origem antrópica, normalmente adota-se organismos do grupo coliforme como indicador, principalmente por serem originários do homem e de animais de sangue quente (AMARAL, 1994). As bactérias do grupo coliformes indicam condições sanitárias indesejáveis, no entanto, não necessariamente indicam contaminação fecal, este tipo de contaminação se confirma pela presença da bactéria *Escherichia coli*, microrganismo presente no intestino humano e resistente fora dele (CHAVES et al., 2010)

A contaminação fecal pode ser demonstrada mediante uma estimativa estatística conhecida como Número Mais Provável de Coliformes (NMP). Um microrganismo coliforme denomina-se um bacilo gram-negativo e, esta definição

inclui uma variedade de bactérias intestinais: *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella* e *Enterobacter spp* (GRANT; LONG, 1989). A *E. coli* é, inclusive, um organismo patogênico e que apresenta uma forma fácil de veiculação: a água.

2.2 PRINCIPAIS FONTES POLUIDORAS

A degradação dos ecossistemas aquáticos está ocorrendo devido à complexidade dos múltiplos usos das águas pelo homem e, sua qualidade pode ser afetada pelas mais diversas atividades antrópicas, sejam elas domésticas, comerciais e industriais, além de possuir características que têm uma determinada implicação sobre o corpo receptor. Em geral, a poluição do corpo hídrico receptor depende das características deste manancial, das concentrações dos poluentes e dos usos da água (PEREIRA, 2004).

As fontes de poluição podem ser consideradas pontuais ou difusas, sendo essas respectivamente, o lançamento em pontos específicos dos corpos d'água e de forma individualizada e quando os poluentes atingem os mananciais de forma aleatória e sem qualquer padrão em termos de quantidade e frequência. Os lançamentos de esgotos domésticos e industriais se encaixam em fontes de poluição pontual, já a drenagem urbana ou o escoamento de agrotóxicos devido à chuva, são considerados exemplos típicos de poluição difusa (PEREIRA, 2004).

As poluições podem ser caracterizadas como química, por poluentes biodegradáveis, física, ou seja, poluição térmica ou por resíduos sólidos. Além das características dos tipos de poluição, é importante colocar as características das fontes de poluição como, por exemplo, por defensivos agrícolas e fertilizantes, por esgotos domésticos ou industriais. A poluição agrícola, gerada pelo cultivo do solo para a agricultura, pode se diversificar em diversos tipos de poluição, alguns sem tanta importância sanitária e outros com implicações mais visadas, como por exemplo, por pesticidas, herbicidas, fertilizantes e agrotóxicos, que além da toxicidade, possuem nutrientes que alcançam os recursos hídricos e ajudam a causar a eutrofização do mesmo, há ainda a contaminação biológica das águas por

excretas de origem humana ou animal, tornando-a um veículo de transmissão de doenças infecciosas ou parasitárias (PEREIRA, 2004).

O esgoto doméstico lançado indiscriminadamente no Brasil é uma das principais fontes de poluição das águas, isso ocorre devido ao saneamento básico ser um assunto negligenciado no país (FERREIRA et al., 2016). A degradação dos esgotos domésticos e industriais nas águas superficiais são responsáveis pela depleção do oxigênio, contribuição dos sólidos, organismos coliformes e patogênicos, nutrientes e, no caso de efluentes industriais em particular, de metais pesados (JORDÃO; PESSOA, 1995).

2.2.1 Esgotos domésticos e sanitários

O esgoto doméstico é definido pela Norma Brasileira, NBR 9648/1986 como, despejo resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas e, o esgoto sanitário como despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária (ABNT, 1986). Por estar diretamente relacionado ao consumo de água, o esgoto pode apresentar variações nas diferentes estações do ano ou até mesmo em dias da semana e, essa variabilidade pode interferir diretamente em termos de composição e concentração do mesmo. As atividades humanas, bem como o clima, principalmente em redes de esgotos com mistura de águas pluviais, podem afetar as características dos esgotos sanitários (LOPES, 2015).

Um fator preocupante nos esgotos domésticos e sanitários é a presença de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, dos quais podem trazer consequências drásticas aos mananciais devido à eutrofização, da qual estão diretamente relacionados. Além de nutriente, os esgotos possuem características biológicas que evidenciam a necessidade de desinfecção do mesmo (RESENDE, 2002), como por exemplo, a presença de coliformes na água, que é um indicador da presença de organismos patogênicos, uma vez que, a maioria dos agentes patogênicos de veiculação hídrica tem em comum sua origem nas fezes de

indivíduos ou animais (AMARAL et al., 2003), por serem encontradas no trato gastrointestinal dos animais de sangue quente.

Os parâmetros utilizados na caracterização do esgoto doméstico e sanitário são: Potencial Hidrogeniônico (pH), temperatura, Oxigênio Dissolvido (OD), Nitrogênio Amoniacal (NA), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), Sólidos Totais (ST), Sólidos Totais Fixos (STF), Sólidos Totais Voláteis (STV), Sólidos Sedimentáveis (S. Sed.), Fósforo Total (PT), Óleos e Graxas Residuais (OG) (Tabelas 1 e 2) e Microrganismos (Tabela 3).

Tabela 1 - Características do esgoto sanitário bruto

Parâmetros	Furtado et al. (2009)	Monaco et al. (2014)	Alves et al. (2007)	Bem; Lazzarin (2009)	Bem; Lazzarin (2009)
pH	9,07-7,01	7,16	7,19-8,47	-	-
Temperatura	26,05-27,990	-	-	-	-
OD (m.L-1)	2,78-0,94	-	-	-	-
NA	-	-	-	-	73,39
PT	0,89-4,67	11,81	1,5>6	18,06	8,24
DBO	5,0-8,6	526	3,93-314	490,18	612,35
DQO	-	5445	524-660	782,13	1439,63
ST	-	2377	202-904	232,84	414,75
STF	-	760	-	-	-
STV	-	1617	-	-	-
S. Sed	-	-	0,2 a 0,1	-	-
OG	-	-	-	46,28	63,65

¹Esgoto sanitário bruto coletado na ETE localizada em Cajati – SP.

²Esgoto sanitário bruto coletado no reservatório localizado em Viçosa, MG.

³Esgoto sanitário bruto coletado na ETE de Passo Fundo, RS.

⁴Esgoto sanitário bruto coletado na ETE localizada em Santa Helena, PR.

⁵Esgoto sanitário bruto coletado na ETE localizada em Medianeira, PR.

Fonte: Adaptado de Lopes, 2015.

Tabela 2 - Características típicas do esgoto sanitário bruto

PARÂMETROS	CONCENTRAÇÃO		
	Baixa	Média	Alta
DBO5 (mg.L ⁻¹)	133	200	400
DQO (mg.L ⁻¹)	339	508	1016
NA (mg.L ⁻¹)	14	20	41
ST (mg.L ⁻¹)	537	806	1612
STF (mg.L ⁻¹)	253	379	758
STV (mg.L ⁻¹)	251	377	753
PT (mg.L ⁻¹)	3,7	5,6	11
OG (mg.L ⁻¹)	51	79	153

Fonte: Metcalf; Eddy (2014)

Tabela 3 - Microrganismos presentes em 100 mL da amostra**Microrganismos Presentes por (100 mL)**

Total de Bactérias	109-1010
Coliformes Fecais	106-109
Streptococos Fecais	105-106
Vírus	102-104

Fonte: Adaptado de Derisio, 2012.

2.3 OCORRÊNCIA DE ANTIBIÓTICOS E ORGANISMOS RESISTENTES

Antibióticos são drogas capazes de interagir com microrganismos causadores de infecções e sua descoberta e introdução na prática clínica revolucionaram a medicina. Atualmente é frequente o uso desses agentes tanto na medicina humana quanto animal, por exemplo, na produção de bovinos, suínos e até mesmo na aquicultura (DEPIZZOL, 2006).

Apesar da evolução medicinal, quando dispersos no meio ambiente, os potenciais efeitos dos fármacos e seus componentes ainda são pouco conhecidos. No entanto, este tipo de estudo vem ganhando interesse por serem substâncias frequentemente encontradas em esgotos e, podendo assim, impactar tanto os corpos d'água quanto à saúde humana (KÜMMERER et al., 2004).

Além dos possíveis danos causados ao meio ambiente e à saúde, outro problema dos residuais desses fármacos no meio é o surgimento de microrganismos

resistentes, pois, bactérias podem fazer mudanças em seu material genético adquirindo a resistência. (BILA; DEZOTTI, 2003).

A Figura 1 apresenta um esquema dos possíveis caminhos dos fármacos no meio ambiente divididos entre os modos de uso humano e veterinário (HALLING-SORENSEN et al., 1998).

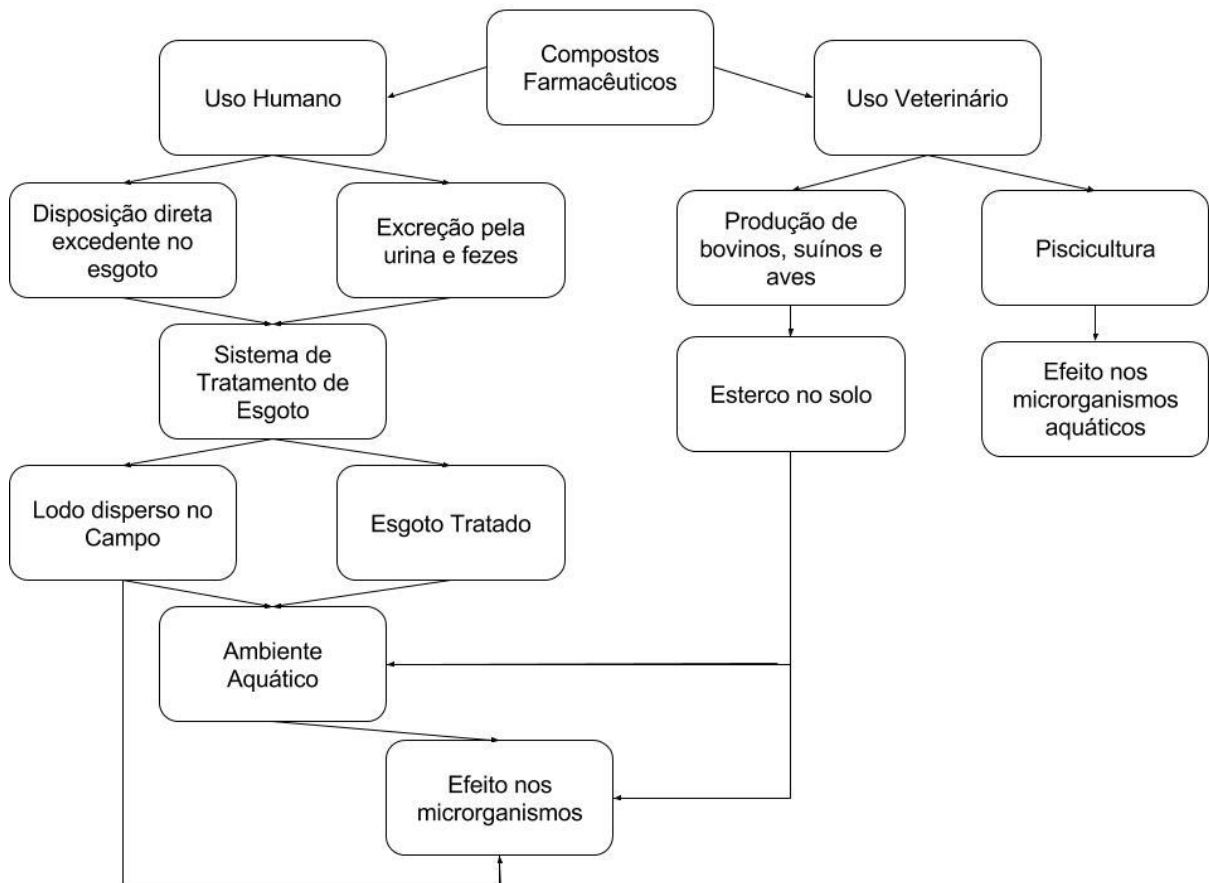


Figura 1 – Rotas dos fármacos no meio ambiente
Fonte: Adaptado de Halling-Sorensen et al., 1998

De acordo com a Figura 1, destinos finais dos fármacos podem ser devido à disposição direta dessas substâncias no esgoto, excreção pela urina ou fezes, que são dispostos em sistema de tratamento, ou outras formas irregulares de disposição final e ainda, pelo uso veterinário, podendo contaminar não só corpos hídricos receptores como também o solo e águas do subsolo.

Este tipo de contaminação pode acarretar efeitos adversos em qualquer nível de hierarquia biológica: célula, órgãos, organismos, população e até ecossistemas (BILA;DEZOTTI,2003). Pelo uso na piscicultura, o cloranfenicol, antibiótico também analisado por este trabalho, chegou a ser encontrado em sedimentos marinhos (SMITH; SAMUELSEN, 1996).

Os antimicrobianos alteram principalmente a micro biosfera e, por conta disso, suas consequências não possuem tanta visibilidade como, por exemplo, a contaminação por metais pesados (LOPES, 2015).

Se os residuais dos fármacos chegam até as estações de tratamento de esgotos, estas podem servir de meio de propagação e seleção de organismos resistentes a antibióticos. Deste modo, os tratamentos avançados e processos voltados à desinfecção do esgoto podem ser ferramentas para o controle da propagação de bactérias resistentes no ambiente por reduzirem seu número.

Os antibióticos consumidos pelos homens e animais são parcialmente removidos nos tratamentos de esgoto e, despejados nos corpos receptores, contribuindo para a inserção de residuais dos mesmos no ambiente (KÜMMERER, 2009a; KÜMMERER, 2009b). A remoção dos antimicrobianos varia conforme o tipo de antibiótico e suas propriedades físico-químicas, bem como das condições do sistema de tratamento. Assim sendo, a eliminação dos antibióticos depende de sua degradação e/ou transformação durante o tratamento e de sua sorção no lodo, onde há a remoção física dos antimicrobianos (RIZZIO et al.,2013).

2.3.1 Resistência a Antibióticos

A resistência antimicrobiana pode ocorrer devido a uma mutação que poderá conferir uma vantagem seletiva à linhagem mutante sob certas condições e, com isso, um mutante resistente não é inibido pela concentração normal da droga.

Madigan et al. (2004) definem a resistência a antimicrobianos como a capacidade adquirida de resistir a um agente quimioterápico, ao qual normalmente é susceptível. O processo da resistência pode ocorrer naturalmente, de forma intrínseca, ou por meio da transferência horizontal ou lateral de genes de resistência

tanto cromossômica quanto extracromossômica (plasmídeos) e, essas bactérias podem espalhar-se e propagar os genes resistentes (SILVA et al., 2016).

Os genes responsáveis pela resistência antimicrobiana ficam localizados nos plasmídeos ou mesmo no cromossomo bacteriano e são transferidos por meio de divisão binária ou então podem ser transferidos por recombinação e troca entre diferentes espécies, transferência vertical e horizontal respectivamente (DAVDSON, 1999). Outra forma de transferência de resistência é a transdução, onde o DNA de uma bactéria é transferido para outra a partir de um vírus bacteriófago, ou seja, um vírus bacteriano (OLIVEIRA; MEDEIROS, 2015).

Por conter elevada concentração de nutrientes, o esgoto e o sistema de tratamento de esgoto se tornam ambientes propícios para o desenvolvimento das bactérias e conseqüentemente para a transferência dos genes resistentes. Cepas de bactérias coliformes podem disseminar a resistência para outros grupos de bactérias, inclusive para as patogênicas (DEPIZZOL, 2006).

A presença de bactérias coliformes em corpos d'água pode indicar tanto o contato dessas águas com esgotos urbanos quanto a não remoção desses microrganismos pelos sistemas de tratamento de esgotos.

As concentrações de antibióticos no esgoto variam de 1 a 100 $\mu\text{g.L}^{-1}$ e são bem menores às necessárias para inibir bactérias resistentes, no entanto, suficientes para afetar as bactérias susceptíveis, fazendo-se portanto um ambiente propício à seleção de bactérias resistentes. Além do mais, há substâncias que embora não sejam antibióticas, possuem potencial de selecionar bactérias resistentes à antibióticos, como por exemplo, os metais pesados (DEPIZZOL, 2006), que são difundidos no esgoto em decorrência da poluição industrial.

2.3.2 *Escherichia coli*

Os organismos patogênicos mais comumente encontrados em esgotos e corpos d'água possuem origem entérica, sendo excretados junto com o material fecal. Tendo em vista a dificuldade de se ter uma detecção específica dos

microrganismos, comumente utilizam-se bactérias do grupo coliforme ou mais especificamente a *Escherichia coli*, como indicadoras de contaminação fecal.

A *Escherichia coli* é um bacilo Gram negativo, fermentativo, geralmente móvel, com flagelos peritríquios e fimbrias (QUINN et al., 2005) e, é a principal bactéria anaeróbia facultativa presente no trato intestinal de animais de sangue quente, é facilmente isolada e identificada (DERISIO, 20012). Segundo Depizzol (2006), a *E. coli* se encaixa no grupo do coliformes termotolerantes, desenvolvendo-se até a 44,5 °C, com produção de ácido, gás e aldeído, e está relacionada ao risco de doenças gastrointestinais.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O estudo foi realizado na estação de tratamento de esgoto (ETE) do município de Medianeira e no corpo hídrico receptor, Rio Alegria. O município situa-se no oeste do Paraná, possuindo um clima subtropical úmido mesotérmico, sem estação de seca definida, verões quentes e com maior tendência de chuvas e geadas pouco frequentes. A média das temperaturas dos meses mais quentes é superior aos 22°C e a dos meses mais frios é inferior a 18°C (IPARDES, 2008).

3.1.1 Rio Alegria e estação de tratamento de esgotos

O Rio Alegria encontra-se no município de Medianeira e situa-se a latitude 25°17'40" Sul e a longitude 54°05'30" Oeste. Este é o principal manancial do município e, por conseguinte, é utilizado para o abastecimento de água da cidade pela Companhia de Saneamento do Paraná, bem como, para corpo receptor da estação de tratamento de esgotos (ETE).

Este rio pertence ao grupo de rios de classe 2 e, de acordo com a Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), esta classe de rios pode ser destinada ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como a natação, mergulho, irrigação, aquicultura e pesca. Atualmente existe uma proposta de atualização do enquadramento da Bacia do Paraná 3 (BP3), com aprovação prevista para julho de 2017, na qual o rio Alegria passará a ser enquadrado como classe 3 no trecho do município de Medianeira.

A estação de tratamento de esgotos (ETE) situa-se a latitude 25°17'11,19" Sul e longitude 54°6'4,94" Oeste, no perímetro urbano do município. Nesta estação de tratamento, o esgoto sanitário passa por um tratamento preliminar, gradeamento

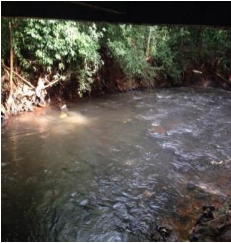
e desarenação, e secundário em um Reator Anaeróbio de Lodo Fluidizado (RALF) e então, é lançado no corpo receptor – rio Alegria.

3.2 AMOSTRAGEM DE CAMPO E MÉTODOS ANALÍTICOS

3.2.1 Amostragem de campo

As coletas ocorreram na estação do outono do ano de 2016, com um intervalo entre as coletas de aproximadamente vinte dias, sendo assim, totalizando quatro campanhas. A cada campanha foram realizadas coletas nos pontos P1, P2, P3 e P4, sendo: P1: 100 metros a montante do lançamento; P2: Efluente final da ETE; P3: 100 metros a jusante do lançamento e P4: esgoto bruto, mostrados na Tabela 4.

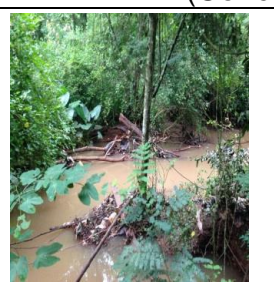

Tabela 4 - Localização e caracterização dos pontos de coleta.

Ponto de coleta	Coordenadas geográficas	Características no local de coleta	Imagem (ponto de coleta)
P1 100m à montante do lançamento	25° 17' 12,4" S 54° 06' 03,70" W	Área não urbanizada, com presença de mata ciliar.	
P2 Efluente Final da ETE	25° 17' 10,7" S 54° 06' 05,03" W	Saída da tubulação após o tratamento secundário	

(Continua)

Tabela 5 - Localização e caracterização dos pontos de coleta.

(Conclusão)

<p>P3 100m à jusante do lançamento</p>	<p>25° 17' 07,8" S 54° 06' 07,02" W</p>	<p>Área não urbanizada, com mata ciliar e fluxo lento das águas.</p>	
<p>P4 Esgoto Bruto</p>	<p>25° 17' 11,70" S 54° 06' 5,20" W</p>	<p>Após a passagem do tratamento preliminar.</p>	

Os pontos de coleta estão apresentados no mapa de Medianeira na Figura 2.



Figura 2 – Pontos de amostragem Rio Alegria e ETE
Fonte: Google Earth Pro

3.2.2 Métodos analíticos

As coletas foram realizadas manualmente, seguindo as recomendações da NBR 9898 (ABNT, 1987) e, em campo, foram realizadas as medições de oxigênio

dissolvido e temperatura com auxílio da sonda multiparâmetros Dissolved Oxygen Meter Model: DO – 5519.

As amostras coletadas na ETE, esgoto bruto e esgoto tratado, foram realizadas com auxílio de um balde e, as realizadas no manancial (rio Alegria), foram coletadas na camada superficial da água, em uma profundidade de 15 a 20 centímetros. Todos os frascos foram refrigerados e encaminhados aos laboratórios de Biotecnologia e Saneamento Ambiental e de Microbiologia da UTFPR – Medianeira para as análises físico-químicas e microbiológicas.

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram determinados de acordo com as metodologias apresentadas nas tabelas 1 e 2, respectivamente.

Tabela 6 - Parâmetros físico-químicos a serem avaliados.

Parâmetro	Unidade	Método
Demanda Química de Oxigênio	mg.L ⁻¹	(APHA et al.,2012) Método 5220D
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	(APHA et al.,2012) Método 4500 P E
Nitrato	mg.L ⁻¹	Kit Hach – Nitra ver 5
Nitrito	mg.L ⁻¹	Kit Hach – Nitri ver 2
Nitrogênio Amoniacal	mg.L ⁻¹	(APHA et al.,2012) Método 4500 F
pH	-	Sonda Multiparâmetro
Temperatura	°C	<i>Lutron DO -5519</i>
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	

Tabela 7 - Parâmetros microbiológicos a serem analisados.

Parâmetro	Unidade	Método
Coliformes Termotolerantes	NMP g ⁻¹	Silva, et al. (2007)
<i>E. coli</i>	NMP g ⁻¹	Silva, et al. (2007)
Antibiograma	S, I, R ¹	CLSI document M2-A8 (2003)

¹S: Sensível; I: Intermediário; R: Resistente.

3.2.3 Índice de Estado Trófico

No presente trabalho o cálculo do Índice de Estado Trófico – IET, foi realizado seguindo a equação de LAMPARELLI (2004) para ambientes lóticos, utilizando a equação relativa ao fósforo total, descrita na equação 1, onde PT significa a concentração de fósforo do local a ser analisado.

A partir dos índices de estado trófico nos pontos analisados, pode-se estabelecer o estado trófico do ecossistema em estudo.

$$IET (PT) = 10 \times \left(6 - \frac{0,42 - 0,36 \times \ln PT}{\ln 2} \right) - 20$$

Equação 1

3.3 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA NO ESGOTO E CORPO RECEPTOR

Na análise de coliformes e *E. coli* foram inoculadas amostras da água do rio Alegria e esgoto bruto e tratado da ETE nas diluições de 10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3} em tubos de ensaio contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST). Adicionou-se 1,0 mL de cada diluição por tubo contendo meio de cultura. Na sequência os tubos contendo LST foram incubados a 35°C durante 48 horas.

A observação do crescimento com produção de gás após o período de incubação é considerada suspeita de presença de coliformes. No entanto, para a confirmação de coliformes termotolerantes, usando-se a técnica da repicagem com alça de platina, uma amostra de cada tubo com produção de gás foi transferida para tubos com caldo *Escherichia coli* (EC) e incubados a 45°C por 48 horas. O crescimento com produção de gás nos tubos com EC confirma a presença de coliformes termotolerantes em Número Mais Provável (NMP).

A confirmação da presença de *E. coli* foi realizada através da técnica de esgotamento em estrias utilizando-se a alça de platina. Uma amostra de cada tubo

com resultado positivo foi transferida para placas de Petri contendo Ágar Eosina Azul de Metileno (EMB), sendo este, um meio seletivo diferencial que distinguirá *E. coli* dos demais coliformes termotolerantes tendo em vista que estas bactérias apresentam colônias verdes fluorescentes em meio de cultura EMB. As análises foram realizadas em duplicatas e placas foram incubadas a 35 °C por 24 horas.

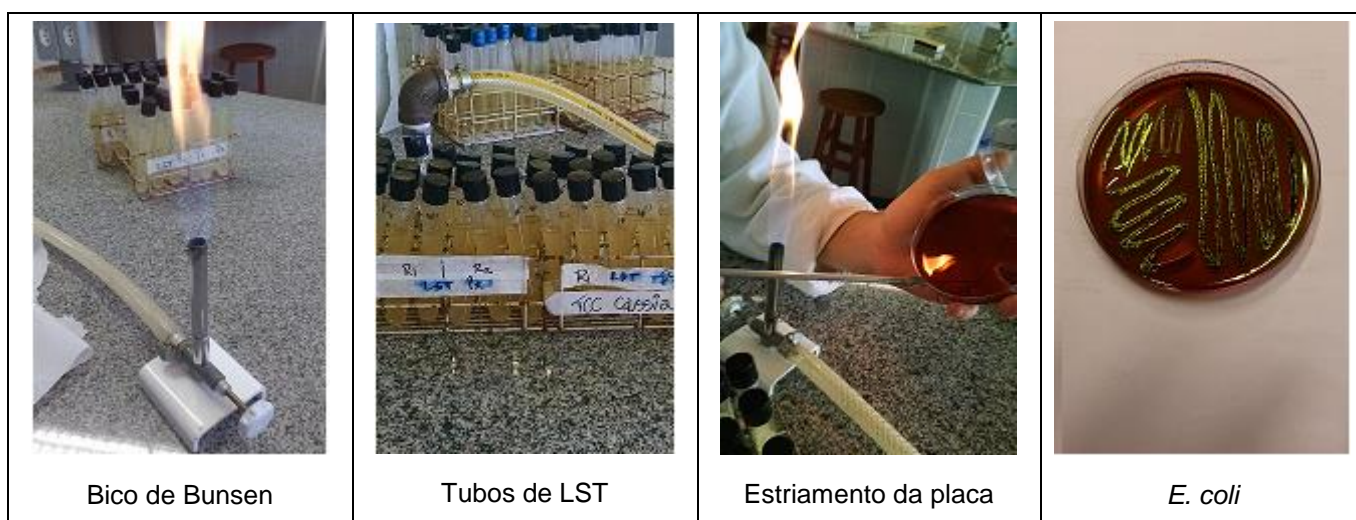


Figura 3 – Metodologia NMP e estriamento de *E. coli*

3.3.1 Antibiograma

Os antibiogramas foram realizados nas etapas finais das análises microbiológicas, após o isolamento da *Escherichia coli* após cada coleta de amostra, com o uso de discos impregnados de diferentes tipos de antibióticos, sendo eles, Amoxicilina, Ampicilina, Cefaclor, Cefalotina, Cefoxitina, Ciprofloxacim, Cloranfenicol, Estreptomicina, Gentomicina, Imipinem, Norfloxacim e Tetraciclina, e placas de Petri contendo Ágar *Mueller Hinton*. Para cada ponto de coleta que teve a *E. coli* isolada, foram realizadas duas repetições de placas com os discos contendo antibióticos. A metodologia utilizada foi a do *Clinical and Laboratory Standards Institute* e *National Committee for Clinical Laboratory Standards* – CLSI/NCCLS documento M2-A8 (2003). O resultado do antibiograma é dado em R: Resistente, I: Intermediário e S:

Sensível, e é analisado de acordo com o tamanho do halo de inibição do antibiótico à bactéria, de acordo com a tabela do método utilizado no antibiograma - CLSI/NCCLS - para cada antibiótico.

3.3.2 Índice de Multipla Resistência à Antimicrobianos

Determinado pelo número de antimicrobianos ao qual o isolado foi resistente sobre o número total testado. Valores maiores ou iguais a 0,2 já indicam múltipla resistência. (KRUMPERMAN, 1983).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DO ESGOTO SANITÁRIO BRUTO E TRATADO

Os valores médios das quatro campanhas dos resultados físico-químicos e microbiológicos obtidos nas análises durante o período de coleta estão apresentados nas Tabelas 8 e 9 seguidos de seus respectivos desvios padrões.

Tabela 8 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos analisados no esgoto bruto e tratado

Parâmetro	Unidade	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado
Demanda Química de Oxigênio	mg.L ⁻¹	579,075 ± 229,93	184,82 ± 116,77
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	3,16 ± 0,63	2,31 ± 0,46
Nitrato	mg.L ⁻¹	141,425 ± 138,17	76,38 ± 9,99
Nitrito	mg.L ⁻¹	82,5 ± 35,24	33,25 ± 9,29
Nitrogênio Amoniacal	mg.L ⁻¹	52,02 ± 14,65	32,72 ± 7,90
pH	-	6,79 ± 0,40	6,76 ± 0,23
Temperatura	°C	22,7 ± 2,48	24,18 ± 2,92
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	1,83 ± 0,65	1,83 ± 0,32

Tabela 9 - Valores médios dos parâmetros microbiológicos analisados no esgoto bruto e tratado

Parâmetro	Unidade	Esgoto Bruto	Esgoto Tratado
CT ¹	NMP/mL	>1100 ± 0	1100,75 ± 0,5
CTT ²	NMP/mL	>1100 ± 0	1100,75 ± 0,5

¹CT – Coliformes Totais

²CTT – Coliformes termotolerantes

Favorecendo uma maior diversidade biológica no sistema de tratamento da estação, o pH manteve-se próximo a neutralidade tanto no esgoto bruto quanto no tratado e, este parâmetro encontra-se em conformidade com os limites de lançamento propostos pela Resolução CONAMA nº 430/2011, cuja faixa varia de 5 a

9. Quanto à temperatura, a faixa ideal para o sistema anaeróbico de tratamento situa-se entre 30° e 35° Celsius (CHERNICHARO et al., 1999), uma vez que temperaturas inferiores a 15° inativam as bactérias. Os valores encontrados para o esgoto bruto variaram entre 20° e 25,4°C, já para o efluente final do reator anaeróbico de leito fluidificado (RALF), mantiveram-se na faixa de 20,2° e 27°C, encontrando-se também em conformidade com o estipulado pela Resolução CONAMA nº 430/2011, que estabelece lançamentos com temperatura inferior a 40°C. Silva (2016) encontrou faixas mais altas de temperatura para os mesmos pontos analisados neste trabalho, isto se dá ao fato das coletas e análises terem sido realizados em estações diferentes.

A DQO permite a medição de poluentes orgânicos em termos da qualidade total de oxigênio requerida para sua oxidação completa (SILVA, 2016). Os resultados obtidos para o esgoto bruto indicaram que a DQO variou de 343,98 a 888,84 mg.L⁻¹, no entanto, as concentrações de DQO são consideradas altas quando encontram-se acima de 1016 mg.L⁻¹ (METCALF; EDDY, 2014). Para o efluente final do sistema de tratamento, a DQO variou entre 98,28 e 345,66 mg.L⁻¹, resultados superiores aos encontrados por LOPES (2014) e SILVA (2016) na mesma estação de tratamento. Para a análise de DQO pertencente à segunda coleta realizada, o lançamento não estava em conformidade com o limite máximo estabelecido pela Resolução estadual SEMA nº 021/2009, que é de 225 mg.L⁻¹.

Para oxigênio dissolvido, a concentração obtida nos efluentes bruto e tratado pouco divergiu, variando de 1,5 a 2,8 mg.L⁻¹ no bruto e de 1,6 a 2,6 mg.L⁻¹ no tratado, acredita-se que isso se deva ao fato de tanto no ponto de coleta de efluente bruto quanto no de tratado exista um desnível na tubulação, proporcionando a aeração dos efluentes.

Quanto aos parâmetros nitrito e nitrato, o primeiro, em três das coletas apresentou redução de aproximadamente 50% do efluente bruto para o final, diferentemente do que Silva (2016) constatou, pois em suas análises não houve redução significativa devido à falta de oxigênio no sistema adotado pela ETE. O nitrato apresentou redução nos valores médios do efluente bruto para o tratado, uma vez que o sistema de tratamento (RALF) apresenta concentração de sólidos suspensos voláteis, responsáveis pela remoção do mesmo.

Para os coliformes, não há padrão de lançamento segundo especificado pela

Resolução Federal do CONAMA nº430/2011, entretanto, pela Resolução CONAMA nº357/2005, para corpos d'água classe 2, não deve ser excedido um limite de 1000 coliformes termotolerantes por 100 mililitros, já para corpos d'água classe 3, não deve ser excedido um limite de 2500 coliformes termotolerantes por 100 mililitros, e constatou-se pela metodologia utilizada, tanto para o esgoto bruto quanto para o tratado, uma média de 1100 NMP por mililitro de coliformes termotolerantes. Assim sendo, para a atual classe do rio Alegria, este parâmetro encontra-se fora dos limites, porém, com a atualização do enquadramento da bacia do Paraná 3, possivelmente estará de acordo com a classificação do rio, que passará para classe 3, sendo necessária a realização de outra metodologia para ter exatidão na quantidade de coliformes, uma vez que a utilizada mostra apenas que o valor é superior a 1100 NMP por mililitro de coliformes e não o valor exato.

O Nitrogênio Amoniacal variou entre 30,25 e 61,78 mg.L⁻¹ no esgoto bruto e 29,75 e 43,69 mg.L⁻¹ no tratado. SILVA (2016) encontrou valores semelhantes em seu estudo, detectando a concentração de N-amoniaco de 31,44 a 51,18 mg.L⁻¹ no esgoto bruto do município de Medianeira e 39,69 a 54,74 mg.L⁻¹ na saída do RALF, sistema de tratamento adotado pelo município. Segundo a Resolução CONAMA nº 430/2011, o limite para lançamento de N-amoniaco é de 20,0 mg.L⁻¹, sendo assim, em todas as campanhas, este parâmetro esteve superior ao limite estabelecido pela legislação. Além ser altamente tóxico no corpo d'água, quando na forma de gás amônia, o N-amoniaco demanda por oxigênio dissolvido para sua conversão em nitrito e nitrato, alterando o pH do meio em decorrência desses processos oxidativos (SILVA, 2016), portanto, nota-se a importância de um pós tratamento que consiga reduzir a concentração de N-amoniaco, minimizando os impactos causados por este elemento no corpo receptor.

Para o fósforo, houve uma variação de 2,26 a 3,74 mg.L⁻¹ no efluente bruto e 1,67 a 2,73 mg.L⁻¹, estes valores estão abaixo dos encontrados por SILVA (2016) nos mesmos pontos na estação da primavera, no entanto, por terem sido valores semelhantes, pode demonstrar a não remoção de nutrientes por parte do sistema de tratamento da ETE.

4.2 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DO CORPO RECEPTOR RIO ALEGRIA

Os resultados físico-químicos e microbiológicos obtidos nas análises do corpo receptor (Rio Alegria) durante o período de coleta estão apresentados nas Tabelas 10 e 11.

Tabela 10 - Valores médios dos parâmetros físico-químicos analisados no corpo receptor

Parâmetro	Unidade	100 metros Montante	100 metros Jusante
Demanda Química de Oxigênio	mg.L ⁻¹	40,62 ± 20,98	46,779 ± 23,20
Fósforo Total	mg.L ⁻¹	0,29 ± 0,06	0,50 ± 0,10
Nitrato	mg.L ⁻¹	18,2 ± 7,43	19,85 ± 3,34
Nitrito	mg.L ⁻¹	3,5 ± 2,08	3,75 ± 1,90
Nitrogênio Amoniacal	mg.L ⁻¹	1,70 ± 0,69	1,54 ± 0,90
pH	-	7,21 ± 1,10	6,86 ± 0,82
Temperatura	°C	21,45 ± 3,54	21,48 ± 3,67
Oxigênio Dissolvido	mg.L ⁻¹	8,15 ± 0,54	7,28 ± 0,82

Tabela 11 - Valores médios dos parâmetros microbiológicos analisados no rio Alegria

Parâmetro	Unidade	100 m Montante	100 m Jusante
CT	NMP/mL	1100,5 ± 0,58	1100,75 ± 0,5
CTT	NMP/mL	446,25 ± 466,61	1100,5 ± 0,58

¹CT – Coliformes Totais

²CTT – Coliformes termotolerantes

Nos dois pontos de amostragem do corpo receptor o pH se manteve próximo a neutralidade, porém, nota-se que no ponto de amostragem 100 metros após o lançamento da ETE, o pH está levemente acidificado, mais próximo dos valores obtidos no esgoto tratado lançado no rio. A temperatura apresentou pouca variação, no entanto, nota-se que há uma diferença média de 3° do corpo receptor para o efluente final da ETE. Na última coleta realizada, a temperatura do corpo d'água a montante e a jusante do lançamento apresentou-se próximo dos 16°, essa baixa

ocorreu devido a ser final do outono, sendo assim, a temperatura ambiente também se encontrava em médias mais baixas, próximas dos 17º Celsius.

Com relação à matéria orgânica, os valores analisados à jusante do lançamento foram todos mais altos que os obtidos à montante. No entanto, as médias das análises dos dois pontos estão próximas. Já com relação ao oxigênio dissolvido, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece, para rios de classe 2, que a concentração de OD no meio deve ser superior a 5 mg.L⁻¹, e para de classe 3, não deve ser inferior a 4 mg.L⁻¹, sendo assim, ambos os pontos de coleta estão em conformidade com a Resolução, sendo a menor concentração encontrada de 6,1 5 mg.L⁻¹ no ponto à jusante do lançamento.

Para nitrito, a Resolução CONAMA nº 357/2005 estabelece o limite de 1 mg.L⁻¹ para ambas as classes de rio (2 e 3) e, apenas uma dentre as quatro campanhas, para os pontos analisados, esteve dentro do permitido, as demais campanhas estiveram fora dos limites com valores de 3, 4 e 6 mg.L⁻¹ à montante e 4, 5 e 5 mg.L⁻¹ à jusante. Para nitrato, o limite estabelecido pela mesma Resolução é de 10 mg.L⁻¹, para rios de classe 2 e 3, sendo assim, apenas na campanha 4, no ponto de 100 metros à montante do lançamento, o valor encontrado de 10,1 mg.L⁻¹ esteve próximo ao estabelecido. Nas demais campanhas, todos os valores obtidos não estavam conforme com a Resolução, tendo média de 18,2 mg.L⁻¹ para o ponto à montante e 19,85 mg.L⁻¹ para o ponto à jusante.

Para os coliformes termotolerantes, nota-se que há um significativo aumento do ponto que antecede o lançamento do efluente final da ETE, indicando a ineficiência do sistema para a remoção desses coliformes no sistema adotado. Neto e Oliveira (2009) analisaram a eficiência da remoção de coliformes totais e termotolerantes em um reator UASB, cujo princípio, é o mesmo do RALF, utilizado na ETE de Medianeira, e encontraram em apenas um dos ensaios realizados uma eficiência superior a 50% tanto para a remoção de coliformes totais quanto para termotolerantes. O reator anaeróbio compartimentado ou de chicanas (Anaerobic Baffled Reactor – ABR), também estudado pelos autores acima, foi o que apresentou melhor desempenho na remoção de coliformes, alcançando eficiências de até 99,67%.

A concentração de N-amoniaco no ponto 2, cem metros à montante do lançamento, e no ponto 3, cem metros à jusante do lançamento, apresentaram

resultados semelhantes e dentro do limite estabelecido pela Resolução CONAMA nº 357/2005, sendo assim, mesmo com o lançamento do efluente final, o rio consegue se manter dentro dos padrões estipulados para sua atual classe 2 e também para classe 3.

Ainda de acordo com a Resolução CONAMA nº357/2005, o limite para fósforo é de $0,1 \text{ mg.L}^{-1}$, e em todas as campanhas referentes aos pontos do corpo d'água deram acima deste valor estipulado. Nota-se que do efluente final para o corpo receptor, há um decaimento no teor de fósforo e isto pode ocorrer por ser consumido pela biota, uma vez que é um nutriente.

Por possuir uma quantidade significativa de matéria orgânica e nutriente, a poluição de corpos hídricos por esgotos domésticos e sanitários pode ocasionar trofia das águas, ou seja, o enriquecimento das mesmas por nutrientes com efeitos relacionados ao crescimento excessivo algas ou macrófitas aquáticas e, para classificar os corpos d'água em diferentes níveis de trofia, calculou-se o Índice de Estado Trófico (ANA, 2016). Para os pontos de amostragem das águas do Rio Alegria, os índices de estado trófico estão dispostos na Tabela 12, seguidos de seus respectivos desvio padrão.

Tabela 12 - Valores de índice de estado trófico (IET) para os pontos do rio Alegria

Pontos de Amostragem	IET (PT)
	média \pm desvio padrão
P1 - 100m à montante	63,34 \pm 1,13
P3 - 100m à jusante	66,23 \pm 1,13

De acordo com a classificação de Lamparelli (2004) descritos na Tabela 13, foi possível analisar a situação trófica dos pontos analisados do rio Alegria.

Tabela 13 - Classificação do Estado Trófico para rio

CATEGORIA DOS RESULTADOS	IET	(LÓTICO) PT (ug.L-1)
Ultraoligotrófico	≤ 47	≤ 1,3
Oligotrófico	47 - 52	1,4 - 3,5
Mesotrófico	52 - 59	3,6 - 13,7
Eutrófico	59 - 63	13,7 - 29,6
Supereutrófico	63 - 67	29,6 - 64
Hipereutrófico	≥ 67	≥ 64

Fonte: Adaptado de LAMPARELLI (2004)

O valor máximo do índice de estado trófico observado foi de 67,10 $\mu\text{g.L}^{-1}$ na amostra referente ao P3, 100 metros à jusante do lançamento da ETE de Medianeira. O P3 apresentou um estado hipereutrófico em todas as campanhas, no entanto, o P1 apresentou já um estado supereutrófico, sendo assim, supõe-se que o rio Alegria receba poluição antes mesmo de chegar ao local de descarte do efluente final da estação de tratamento.

Os valores encontrados neste trabalho foram superiores aos encontrados por Silva (2016), cujo valor máximo do índice de estado trófico observado foi de 64,53 no ponto à 100 metros jusante do lançamento da ETE e, a média observada pelo autor no ponto à 100 metros montante foi de 52,10, classificando este ponto do rio como mesotrófico.

4.3 PRESENÇA DE *E. coli* E PERFIL DA RESISTÊNCIA ANTIMICROBIANA

Os microrganismos utilizados para a caracterização microbiológica dos pontos de coleta foram os microrganismos indicadores de poluição fecal, sendo assim, coliformes totais, coliformes termotolerantes e a *Escherichia coli*. Os resultados da caracterização microbiológica para os esgotos bruto e tratado estão ilustrados na Tabela 14.

Tabela 14 - Coliformes totais e termotolerantes nos esgotos bruto e tratado

Estação de Tratamento		CT (NMP/100mL)			CTT (NMP/100mL)		
		N	Média	DP	N	Média	DP
Esgoto Bruto	1ª coleta	>1100			>1100		
	2ª coleta	>1100	>1100	0	>1100	1175	50
	3ª coleta	>1100			1100		
	4ª coleta	>1100			>1100		
Esgoto Tratado	1ª coleta	>1100			>1100		
	2ª coleta	>1100	1175	50	>1100	1175	50
	3ª coleta	1100			>1100		
	4ª coleta	>1100			>1100		

Observa-se que não há muita diferença nos resultados microbiológicos tanto para o esgoto bruto quanto para o tratado, mantendo a quantidade de coliformes totais e termotolerantes praticamente a mesma para 100 mL das amostras. As concentrações médias de coliformes totais do esgoto bruto e tratado variaram apenas na terceira coleta, onde o esgoto tratado apresentou uma concentração menor destes coliformes do que o esgoto bruto, no entanto, não foi uma redução significativa de microrganismos.

Para os microrganismos termotolerantes, as concentrações médias foram idênticas para o esgoto bruto e tratado em todas as coletas. Este resultado demonstra a ineficiência do sistema de tratamento adotado pelo município de Medianeira quanto à remoção ou redução de microrganismos indicadores de poluição fecal.

Calijuri et al., (2009) analisaram o desempenho de um reator UASB e concluíram que a remoção de coliformes mostrou-se limitada, tanto para coliformes totais bem como para *Escherichia coli*.

Os resultados da caracterização microbiológica (Coliformes totais e termotolerantes) para os pontos do corpo receptor, Rio Alegria, estão ilustrados na Tabela 15.

Tabela 15 - Coliformes totais e termotolerantes presentes nos pontos do rio Alegria

Corpo Receptor - Rio Alegria		CT (NMP/100mL)			CTT (NMP/100mL)		
		N	Med	DP	N	Med	DP
100 m Montante	1ª coleta	1100			460		
	2ª coleta	>1100	1150	57,74	1100	446,25	466,61
	3ª coleta	1100			75		
	4ª coleta	>1100			150		
100 m Jusante	1ª coleta	>1100			>1100		
	2ª coleta	>1100	1175	50	>1100	1150	57,74
	3ª coleta	1100			1100		
	4ª coleta	>1100			1100		

Para os pontos do Rio Alegria, observa-se que não houve diferença entre as concentrações de coliformes totais para os pontos 100 metros a montante e 100 metros a jusante do lançamento de efluentes da estação de tratamento de esgoto de Medianeira. Contudo, para coliformes termotolerantes, antes do lançamento da ETE, a concentração média foi de 446,25 NMP/100mL e, após o lançamento a concentração média foi superior a 1100 NMP/100mL, indicando a contaminação das águas do Rio Alegria por fezes pelo lançamento do esgoto da ETE.

As Tabelas 16 e 17 apresentam a resistência de cepas de *E. coli* isoladas das amostras do esgoto bruto e tratado do sistema de tratamento do município de Medianeira.

Tabela 16 - Resistência da *E. coli* nos esgotos bruto e tratado

	Esgoto Bruto				Esgoto Tratado			
	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta
AMOXICILINA	R	R	I	R	R	-	R	R
AMPICILINA	R	R	R	R	R	-	R	R
CEFACLOR	S	I	R	I	S	-	R	R
CEFALOTINA	S	R	R	R	S	-	R	R
CEFOXITINA	S	S	S	S	S	-	S	S
CIPROFLOXACIM	S	S	S	S	S	-	S	S
CLORANFENICOL	S	R	S	R	S	-	S	S
ESTREPTOMICINA	I	I	R	R	S	-	I	S
GENTOMICINA	S	S	S	S	S	-	S	S

R: Resistente; I: Intermediário; S: Sensível

(Continua)

Tabela 17 - Resistência da *E. coli* nos esgotos bruto e tratado**(Conclusão)**

	Esgoto Bruto				Esgoto Tratado			
	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta
IMIPINEM	S	S	S	S	S	-	S	S
NORFLOXACIM	S	S	S	R	S	-	S	I
TETRACICLINA	R	R	R	R	R	-	R	R

Quanto às bactérias *E. coli* isoladas da ETE, esgoto bruto e tratado, pode-se observar que em 100% das coletas, as bactérias foram resistentes à Ampicilina, Amoxicilina e Tetraciclina. Os antibióticos cefoxitina, ciprofloxacim, gentomicina e imipinem apresentaram eficiência em todas as campanhas para ambos os pontos, sendo assim, todas as cepas analisadas apresentaram sensibilidade a estes antibióticos.

Para os demais antibióticos analisados, em pelo menos uma das campanhas, tanto para o esgoto bruto quanto para o tratado, apresentaram resultado ineficiente, demonstrando a existência de bactérias multirresistentes, uma vez que, foram isoladas de um mesmo ponto de coleta, com mesmas características iniciais.

Para a segunda campanha do efluente tratado, não foi possível analisar e isolar a *E. coli* por conta de um erro laboratorial, ocorrido também para o ponto 100 metros a montante do lançamento do efluente no corpo receptor, na mesma análise.

As Tabelas 18 e 19 apresentam a resistência de cepas de *E. coli* isoladas das amostras do corpo receptor, 100 metros a montante do lançamento do esgoto tratado e 100 metros a jusante do lançamento.

Tabela 18 - Resistência da *E. coli* no corpo receptor

	100 m montante				100 metros jusante			
	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta
AMPICILINA	R	-	R	I	R	R	I	R
AMOXICILINA	R	-	R	R	R	R	R	R
CEFACLOR	S	-	R	S	S	I	R	R
CEFALOTINA	S	-	I	S	I	I	R	I
CEFOXITINA	S	-	S	S	S	S	S	S

R: Resistente; I: Intermediário; S: Sensível

(Continua)

Tabela 19 - Resistência da *E. coli* no corpo receptor

	(Conclusão)							
	100 m montante				100 metros jusante			
	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta
CIPROFLOXACIM	S	-	S	S	S	S	S	S
CLORANFENICOL	S	-	S	S	S	R	S	S
ESTREPTOMICINA	R	-	R	R	I	S	R	R
GENTOMICINA	S	-	S	S	S	S	S	S
IMIPINEM	S	-	S	S	S	S	I	S
NORFLOXACIM	S	-	S	S	S	S	S	S
TETRACICLINA	R	-	R	R	R	R	R	R

R: Resistente; I: Intermediário; S: Sensível

Quanto às bactérias *E. coli* isoladas dos pontos do corpo receptor, também pode-se observar que em 100% das campanhas, as bactérias foram resistentes à ampicilina, amoxicilina e tetraciclina. Para estes pontos, os antibióticos cefoxitina, ciprofloxacim, gentomicina e norfloxacim apresentaram eficiência em todas as campanhas. Portanto, observando os quatro pontos de análise, pode-se afirmar que os antibióticos cefoxitina, ciprofloxacim e gentomicina foram os únicos que apresentaram 100% de eficiência em todas as campanhas para os quatro pontos coletados.

É importante ressaltar que a tetraciclina é um dos antibióticos mais antigos utilizados na medicina humana, e era muito utilizado também como promotor do crescimento de animais aquáticos (FUZIHARA, 2001), sendo banido desta função, de aditivo alimentar, somente em 1998 (ROSSI, 2005). Apesar disto, no Brasil, é comum o uso da oxitetraciclina em psicultura para o controle de doenças (PEREIRA JR et al., 2006). A tetraciclina também costuma ser escolhida no tratamento de casos de surto de cólera, sendo assim, a resistência a Tetraciclina pode comprometer o tratamento clínico dos pacientes (CAMPOS, 2004).

As pesquisas realizadas por Carvalho (2012) e Figueredo et. al. (2015) encontraram *Salmonella* também resistentes a tetraciclina.

Outro antimicrobiano utilizado na prática veterinária é o cloranfenicol, devido ao seu amplo espectro de ação contra as bactérias e seu baixo custo (WANG et al., 2008), no entanto, neste trabalho, foram encontradas bactérias resistentes a este

antibiótico somente na segunda campanha do esgoto bruto e do ponto 100 metros a jusante do lançamento.

A amoxicilina, antibiótico muito utilizado no uso medicinal, apresentou quase 100 % de ineficiência neste estudo, assim como no estudo de Edward e Chikwem (2012), que detectaram amostras de *E. coli* isoladas de saladas resistentes a amoxicilina.

Bahashwan e Shafey (2013) encontraram, na Arábia Saudita, os maiores índices de resistência para cefoxitina, ampicilina, cefalotina, tetraciclina e cloranfenicol, divergindo deste estudo apenas sobre a cefoxitina, pois este antimicrobiano demonstrou 100% de eficiência em todas as análises realizadas pelo presente trabalho.

O monitoramento constante do perfil da resistência é essencial nos dias atuais, pois varia com o tempo e difere de local para local e, para este monitoramento foi utilizado o índice de múltipla resistência a antimicrobianos (Índice MAR).

A Tabela 20 mostra os índices calculados para cada campanha, uma vez que, como citado acima, varia com o tempo e difere de local para local.

Tabela 20 - Índice de múltipla resistência a antimicrobianos

ÍNDICE DE MÚLTIPLA RESISTÊNCIA A ANTIMICROBRIANOS							
100 m montante				100 metros jusante			
1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta
0,33	-	0,42	0,25	0,25	0,33	0,42	0,42
Esgoto Tratado				Esgoto Bruto			
1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta	1ª Coleta	2ª Coleta	3ª Coleta	4ª Coleta
0,25	-	0,42	0,42	0,25	0,42	0,42	0,58

Para o cálculo do índice MAR no presente trabalho, levou-se em consideração apenas os antimicrobianos em que a *E. coli* apresentou resistência total, sendo assim, os intermediários foram contabilizados apenas no divisor (total de antimicrobianos testados).

Para todos os pontos, em todas as campanhas, o índice MAR esteve acima de 0,2, demonstrando múltipla resistência da bactéria. Este resultado é bastante preocupante, uma vez que, a *E. coli* está na lista de microrganismos que mais provocam mortes no mundo (ROCHA et al., 2011).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os parâmetros físico-químicos indicaram que o esgoto tratado da ETE apresentou pH semelhante e próximos à neutralidade. Estes valores de pH juntamente com a temperatura da estação, Outono, onde as médias não se encontravam abaixo de 16º Celsius propiciam o tratamento biológico.

O reator anaeróbio de lodo fluidizado (RALF), adotado pela ETE não possibilitou a redução satisfatória de DQO em todas as análises, possuindo uma não conformidade com a legislação vigente. O N-amoniaco apresentou-se fora dos limites estabelecidos pela legislação em todas as campanhas, demonstrando que o sistema adotado precisa de incorporação em seu tratamento, para que consiga adequar todos os parâmetros às legislações. De acordo com as análises de fósforo supõe-se que o sistema de tratamento da ETE não seja eficiente na remoção de nutrientes.

As concentrações de OD mantiveram-se em níveis aceitáveis nos pontos de coleta do corpo hídrico, mesmo após o despejo do efluente final da ETE. Isto pode demonstrar o potencial de autodepuração do curso d'água em questão.

Em relação aos parâmetros microbiológicos, notou-se que o modelo de tratamento adotado pela ETE não é eficiente na remoção de coliformes totais e termotolerantes. Há um aumento significativo de coliformes termotolerantes no corpo hídrico após o despejo do esgoto tratado pela ETE, indicando alteração na qualidade da água do corpo receptor.

Quanto ao perfil de resistência antimicrobiana da *E. coli*, com os resultados encontrados neste trabalho e encontrados na literatura observou-se a prevalência de bactérias resistentes à diversos antibióticos, mesmo com alteração de local e clima, alertando quanto ao uso desenfreado de fármacos, sendo uma questão crítica de saúde pública.

Para próximas pesquisas, é ideal a utilização de uma nova metodologia para a quantificação de coliformes, uma vez que a metodologia utilizada no presente trabalho não traz a quantidade exata de coliformes acima de 1100 por mL, não tendo mais como comparar com a legislação para classificação do Rio Alegria.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas (Brasil). Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / **Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos.** - Brasília : ANA, SPR, 2005.

Agência Nacional de Águas (Brasil). Panorama da qualidade das águas superficiais no Brasil / **Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos.** - Brasília : ANA, SPR, 2016.

ALVES, G. P. M.; FONINI, A.; GIRARDELLO, V.; THOMÉ, A. Caracterização do esgoto sanitário coletado na cidade de Passo Fundo-RS. Teoria e Prática na Engenharia Civil. n. 10, p. 25-29, 2007.

ALVES, I. C. C. et al.; Qualidade das águas superficiais e avaliação do estado trófico do Rio Arari (Ilha de Marajó, norte do Brasil). Acta Amazônia. v. 42. p. 115-124. 2012.

AMARAL, L. A. do et al. Água de consumo humano como fatos de risco à saúde em propriedades rurais. Revista Saúde Pública, v. 37 n. 4, pp. 510-514, 2003

AMARAL, L. A. et al.; Avaliação da Qualidade Higiênico-Sanitária da Água de Poços Rasos Localizados em uma Área Urbana: Utilização de Colifagos em Comparação com Indicadores Bacterianos de Poluição Fecal. Ver. Saúde, 1994.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA; AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION - AWWA; WATER ENVIRONMENT FEDERATION - WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater.** 22 ed., Washington, DC: APHA, 2012.

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1986. Norma NBR 9648/1986 – Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - Procedimento. **Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 1986.**

Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, 1987. Norma NBR 9897/1987 – Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – Procedimento. **Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, BR, 1987.**

BAHASHWAN, S. A.; EL SHAFEY, H. M. Antimicrobial Resistance Patterns of Proteus Isolates from Clinical Specimens. European Scientific Journal, v.9, n.27, p.188-202, 2013.

BARBOSA, LUÍS GABRIEL A. et al.; Avaliação da Qualidade da Água do Rio Alegria, Medianeira – PR, por meio de indicadores biológicos. **XVII SICITE, 2011.**

BELISÁRIO, M. et al.; O Emprego de Resíduos Naturais no Tratamento de Efluentes Contaminados com Fármacos Poluentes. Inter Science Place - Revista Científica Internacional. n. 10, 2009

BEM, J. F; LAZZARIN, L. Estudo de caso comparativo entre o tratamento de esgoto doméstico em RALF, UASB e lagoas. (2009) 61 f. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2009.

BILA, M. D.; DEZOTTI, M. Fármacos no Meio Ambiente. *Quim. Nova*, 26, 523-530, 2003.

BRASIL. Lei n.º 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. **Brasília, DF.**

CALIJURI, M. L. et al., Tratamento de esgotos sanitários em sistemas reatores UASB/wetlands construídas de fluxo horizontal: eficiência e estabilidade de remoção de matéria orgânica, sólidos, nutrientes e coliformes. *Eng. Sanitária e Ambiental*. v. 14. n. 3. p.421-430. Jul/Set, 2009.

Campos, AA. A zona costeira do Ceará: diagnóstico para a gestão integrada. AQUASIS, 293 p., Fortaleza, 2004.

Carvalho, F.C.T. *Salmonella spp. e Escherichia coli em ambientes de cultivo de camarão no Estado do Ceará.* Tese de Doutorado em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar, Universidade de Federal do Ceará, 82 p.,Fortaleza, 2012.

CHAVES, K. F. et al., Avaliação Microbiológica da Água Empregada em Laticínios da Região de Rio Pomba-MG. UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde 2010.

CHERNICHARO, C.A.L. et al. Reatores anaeróbios de manta de lodo. In: CAMPOS, controlada no solo. Rio de Janeiro: PROSAB, 1999.

COSTA, D. D.; KEMPKA, A. P.; SKORONSKI, E.; A Contaminação de Mananciais de Abastecimento pelo Nitrato: O panorama do problema no Brasil, suas consequências e as soluções potenciais. *Revista Eletrônica do Prodema – Fortaleza, Brasil*, 2016.

Curitiba: IPARDES, 2008.

DAVIDSON, J. Genetic exchange between bacteria in the environment. *Plasmid*. 42: 73-91, 1999.

DEPIZZOL, F., AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA A ANTIBIÓTICOS EM ISOLADOS DE *Escherichia coli* PROVENIENTES DE ESGOTO HOSPITALAR E SANITÁRIO. PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, Vitória, 2006.

DERISIO, J. C.; Introdução ao Controle de Poluição Ambiental. 4. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

Edward KC, Chikwem C. The antibiotic sensitivity 38. pattern of *Escherichia coli* isolated from street vendored vegetable salad in Umuahia, Nigeria. *J Pure Appl Microbiol*. 2012.

FERREIRA, P. S. F. et al.; Avaliação preliminar dos efeitos da ineficiência dos serviços de saneamento na saúde pública brasileira. *Revista Internacional de Ciências*, Rio de Janeiro, v.6, n.2. p.214 - 229, 2016.

FIGUEREDO, F. V., Isolamento de *Salmonella* resistente a antimicrobianos em duas regiões estuarinas do estado do Ceará, Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar*, Fortaleza, 2015.

FUNASA – FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Manual de Saneamento**. Ministério da Saúde. Brasília, 2016.

FURTADO, A. L. F. F.; CALIJURI, M. do C.; LORENZI, A. S.; HONDA, R. Y.; GENUÁRIO, D. B.; FIORE, M. F. Morphological and molecular characterization of 116 cyanobacteria from a Brazilian facultative wastewater stabilization pond and evaluation of microcystin production. *Hydrobiologia*, p. 195 – 209, 2009.

Fuzihara, T.O. *Frequência e características de Salmonella em abatedouros de pequeno e médio portes da região do grande ABC*. Tese de Doutorado, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, 98 p., São Paulo, 2001.

GRANT, W. D.; LONG, P. E.; Microbiología ambiental. **Zaragoza: Editorial Acribia, 1989.**

HALLING-SORENSEN, B.; NIELSEN, S. N.; LANZKY, P. F.; INGERSLEV, F.; LUTZHOFT, H. C.; JORGENSEN, S.E. Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment – a review. *Chemosphere*, v. 36, n.2, p. 357-393, 1998

HOU, Mingtao; TANG, Yang; XU, Jie; PU, Yuan; LIN, Aijun; Zhang, Lili; XIONG, Jinping; YANG, Xiao Jin; WAN, Pingyu. Nitrate reduction in water by aluminum–iron alloy particles catalyzed by copper. *Journal of Environmental Chemical Engineering* v.3, p. 2401-2407, 2015.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Benefícios econômicos da expansão do saneamento brasileiro. **Fundação Getúlio Vargas, IBRE – Instituto Brasileiro de Economia. 2010.**

IPARDES. Indicadores ambientais por bacias hidrográficas do Estado do Paraná. J.R. (Coord.). Tratamento de esgotos sanitários por processo anaeróbico e disposição

JORDÃO, E. P.; PESSOA, C. A.; Tratamento de Esgoto Doméstico. **3. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1995.**

KRUMPERMAN, P. H., Multiple Antibiotic Resistance Indexing of *Escherichia coli* to Identify High-Risk Sources of Fecal Contamination of Foods. *APPLIED AND ENVIRONMENTAL MICROBIOLOGY*, , p. 165-170, July 1983.

KÜMMERER, K. Antibiotics in the aquatic environment – A review – Part I. *Chemosphere*, V. 75, p. 417-434, 2009a.

KÜMMERER, K. The presence of pharmaceuticals in the environment due to human use – presente knowledge and future challenges. *Journal of Environmental Management*, v. 90, p. 2354 - 2366, 2009b.

KÜMMERER, K.; ALEXY, R.; HÜTTIG, J.; SCHÖLL, A. Standardized tests fail to assess the effects of antibiotics on environmental bacteria. *Water Research*, v. 38, p. 2111-2116, 2004.

KUSS, C. P; CASTRO, F. B. G.; Avaliação da qualidade físico-química e microbiológica das águas do rio Palmital em Colombo – PR. *Cadernos da Escola de Saúde*, v.1, n.15, p.32-41, Curitiba, 2016

LAMPARELLI M. C. Graus de trofia em corpos d'água do estado de São Paulo: avaliação dos métodos de monitoramento. 2004. 238 f. Tese (Doutorado em Ciências na Área de Ecossistemas Terrestres e Aquáticos) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

LOPES, T. R; Caracterização do esgoto sanitário e lodo proveniente de reator anaeróbio e de lagoas de estabilização para avaliação da eficiência na remoção de contaminantes. **2015. 123 p. Monografia – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2015.**

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; PARKER, J. *Microbiologia de Brock*. São Paulo: Prentice Hall, 10 Edição, 2004.

METCALF, L.; EDDY, H. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse**. 4 ed. Revisado por George Tchobanoglous, Franklin L. Burton, H. David Stensel. New York: McGraw -Hill, 2003.

MONACO, P. A. V. Lo; MATOS, A. T. de; RIBEIRO, I. C. A; BATISTA, A. P. da S; MIRANDA, S. T; EUSTÁQUIO JR, V. Tratamento de esgoto sanitário utilizando coagulante natural seguido de filtro orgânico. *Caatinga*, Mossoró, v. 27, n. 1. p. 28 -40, 2014.

NETO, M. S de A.; OLIVEIRA, R. A. Remoção de matéria orgânica, de nutrientes e de coliformes no processo anaeróbio em dois estágios (reator compartimentado seguido de reator UASB) para o tratamento de águas residuárias de suinocultura. *Eng. Agrícola. Jaboticabal*. v. 29. n. 1. p. 148-161. Jan/Mar, 2009.

ODUM, EUGENE P.; BARRET, GARY W. *Fundamentos de ecologia*, 2008. 612p.

OLIVEIRA, M. R. M. de; MEDEIROS, Margareti. Agentes causadores de mastite e resistência bacteriana. *Revista Científica de Medicina Veterinária*, Brasília, v.2, n.1, 2015.

PEREIRA JR., D.J.; FIGUEIREDO, H.C.P.; CARNEIRO, D.O. & LEAL, C.A.G. Concentração inibitória mínima de oxitetraciclina para isolados de *Aeromonas hydrophila* obtidos de diferentes fontes. *Ciên. Agrotecnol.*, Lavras, v.30, n.6, p.1190-1195, 2006.

PEREIRA, R. S., Identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. Revista Eletrônica de Recursos Hídricos. **IPH- UFRGS. v.1, n.1, p.20-36. 2004.** Disponível em:<<http://www.abrh.org.br/informacoes/rerh.pdf>>. Acesso em: 2 mai. 2016.

PRESTES, TÂNIA MARI V. et al.; Análises Microbiológicas das Águas do Rio Alegria e de seu Afluente Rio Bolinha do Município de Medianeira, PR – Brasil. Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v.5, n.2, p.15 a 24, 2011.

QUINN, P. J. et al., Microbiologia Veterinária. Porto Alegre: Artmed, 2005. 512 p.

RESENDE, A. V.; Agricultura e qualidade da água: contaminação da água por nitrato. Planaltina: **EMBRAPA Cerrados, p.29, 2002.**

RIZZO, L; MANAIA, C; MERLIN, C; SCHWARTZ, T; DAGOT, C; PLOY, M. C; MICHAEL, I; FATTA-KASSINOS, D. Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: a review. Science of Total Environment, v. 447, p. 345-360, 2013.

ROCHA, D. P. et al., Coordenação de metais e antibióticos como uma estratégia de combate à resistência bacteriana. Quim. Nova, Vol. 34, No. 1, 111-118, 2011.

Rossi, A.A. *Biossegurança em frangos de corte e saúde pública: limitações, alternativas e subsídios na prevenção de salmoneloses.* Dissertação de Mestrado, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 111 p., Florianópolis, 2005.

SILVA, L. C.; Avaliação da qualidade da água do rio Alegria (Medianeira/PR) através da determinação do iet e simulação do processo de autodepuração. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Medianeira, 2016.

SILVA, T. M.; MILBRADT, E. L.; ZAMAE, J. C.; FILHO, R. L. A.; OKAMOTO, A. S. Transferência de resistência antimicrobiana entre enterobactérias patogênicas de importância aviária - impactos em saúde pública. Archives of Veterinary Science, v.21, n.2, p.09-20, 2016

SMITH, P.; SAMUELSEN, O. B. Estimates of the significance of out-washing of oxytetracycline from sediments under Atlantic Salmon sea-cages. Aquaculture Vol. 144 pp 17/26, 1996.

SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2014. **Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016.**

TEIXEIRA, P. F. et al.; Processo de Oxidação do Metano Através das Bactérias Metanotróficas em Coberturas de Aterros Sanitários. VI Simpósio Brasileiro de Solos Não Saturados, Salvador, 2007.

Wang, L.; Yang, H.; Zhang, C.; Mo, Y. & Lu, X. Determination of oxytetracycline, tetracycline and chloramphenicol antibiotics in animal feeds using subcritical water

extraction and high performance liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v.619, n.1, p.54-58, 2008.