

**UNIVERSIDADE DO EXTREMO SUL CATARINENSE - UNESC
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

MICHELE DAROS FREITAS

**ANÁLISE DE CONTAMINANTES EMERGENTES NO MUNICÍPIO DE
CRICIÚMA, SC**

**CRICIÚMA
2018**

MICHELE DAROS FREITA

**ANÁLISE DE CONTAMINANTES EMERGENTES NO MUNICÍPIO DE
CRICIÚMA, SC**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Ecologia e Gestão de Ambientes Alterados

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Patrícia de Aguiar Amaral

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Silvia Dal Bó

**CRICIÚMA
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

F866a Freitas, Michele Daros.

Análise de contaminantes emergentes no município de Criciúma, SC /
Michele Daros Freitas. - 2018.

96 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense,
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2018.

Orientação: Patrícia de Aguiar Amaral.

Coorientação: Silvia Dal Bó.

1. Contaminantes emergentes. 2. Contaminantes farmacêuticos. 3.
Descarte de medicamentos. 4. Águas de superfícies. 5. Águas residuais. 6.
Toxicologia ambiental. 7. Água – Poluição. I. Título.

CDD 23. ed. 363.7394



unesc

**Universidade do Extremo Sul Catarinense
Pró-Reitoria Acadêmica
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

PARECER

Os membros da Banca Examinadora homologada pelo Colegiado de Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais reuniram-se para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado apresentada pela candidata **MICHELE DARÓS FREITAS** sob o título: “**Análise de contaminantes emergentes no município de Criciúma/SC**”, para obtenção do grau de **MESTRA EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS** no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC. Após haver analisado o referido trabalho e arguido a candidata, os membros são de parecer pela “**APROVAÇÃO**” da Dissertação.

Criciúma/SC, 28 de fevereiro de 2018.


Profa. Dra. Ana Luíza Ziulkoski
Primeiro Examinador


Prof. Dr. Carlyle Torres Bezerra de Menezes
Segundo Examinador


Profa. Dra. Patrícia de Aguiar Amaral
Presidente da Banca e Orientadora

Aos meus pais e a todos os envolvidos na concretização desta pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Nenhum trabalho, por mais simples que seja, é realizado por um único autor. Desta forma, agradeço a todos que de uma forma ou outra contribuíram para a realização desta pesquisa, especialmente:

A Deus, por me conceder o dom da vida e por me amparar em todas as adversidades, pois sei que “tudo posso naquele que me fortalece” (Filipenses 4.13).

Aos meus pais, José Ivaldo e Eliz Regina, por não medirem esforços para a realização dos meus sonhos, muitas vezes abdicando dos seus. Obrigada por serem meus orientadores na vida e responsáveis pela minha formação pessoal. Agradeço-os infinitamente. Amo vocês!

Agradeço ao meu irmão Fabiano, pelo seu amor, carinho e paciência nos momentos de tensão (foram vários). Amo você!

A minha orientadora, professora Dr^a Patrícia Amaral por ter aceitado a orientação deste trabalho, que foi um desafio para todos os participantes. Obrigada pelo seu empenho em torná-lo realidade, por acreditar em meu potencial e proporcionar as condições para o meu aprendizado. Muito obrigada!

A minha coorientadora Dr^a Silvia Dal Bó, que desde a iniciação científica tem confiado e acreditado em mim. Obrigada por estar sempre disposta a me aconselhar e orientar em minhas escolhas sejam elas pessoais ou profissionais. És para mim um exemplo pessoal e profissional. Obrigada por tudo!

A UNESC, ao Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais e seus respectivos professores por me proporcionarem uma formação interdisciplinar. Agora posso me considerar uma profissional de saúde ambiental.

Ao setor de Assistência Farmacêutica do município de Criciúma, em especial Farm. Larissa de Oliveira, pelo fornecimento dos dados de dispensação de medicamentos do município.

A Companhia Catarinense de Águas e Saneamento de Santa Catarina, por colaborar com a realização deste trabalho, disponibilizando informações e acesso aos locais de coleta das amostras.

A professora Dr^a. Tânia Pizzolato e o Instituto de Química Analítica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, por colaborarem com a realização das análises dos contaminantes emergentes. Sem dúvidas esta parceria foi imprescindível.

A doutoranda Juliana Arsand da UFRGS, pela dedicação e paciência que teve comigo durante a realização das análises.

Ao professor Dr. Carlyle T. B. Menezes por me auxiliar nos momentos de dúvidas e contribuir com o desenvolvimento de todo o trabalho.

A professora Najda Zim Alexandre pelo esclarecimento sobre os assuntos pertinentes aos parâmetros físico-químicos e sobre enquadramento de rios.

Ao professor Dr. Eduardo P. Rico, que me acolheu em seu laboratório com confiança e disponibilizou seus alunos e recursos para a realização do estudo ecotoxicológico. Muito obrigada pela sua atenção, carinho e preocupação com a minha evolução acadêmica.

A Samira Leila Baldin, que me ajudou na realização do estudo ecotoxicológico. Obrigada pela sua paciência e disposição em me ajudar.

Às minhas colegas e amigas do Laplam; Beatriz, Flávia, Monique e Paula, por me auxiliar na realização deste trabalho. De maneira especial, sou infinitamente grata a Paula, por ser a farmacêutica mais engenheira que eu conheço. Por estar sempre ao meu lado quando preciso e por acreditar no meu potencial. Obrigada pelo carinho, conselhos e caronas (estarei sempre em dívida com você). Serei eternamente grata a vocês!

Agradeço imensamente a minha amiga Thaise Sutil por ter sido meu a_ incondicional ao longo desta pesquisa, desde o esclarecimento de dúvidas, das buscas pela nascente do rio Sangão até na formatação final deste trabalho. Obrigada pelo seu carinho e paciência comigo.

Agradeço a Thaise e o Danrlei de Conto, que além de me auxiliar na elaboração dos mapas, foram ótimas companhias em momentos difíceis pelos quais passei no ano de 2017. Muito obrigada!

A Rahisa Scussel pelo auxílio nas dúvidas relacionadas à área de Ciências Ambientais.

A minha amiga Franciely V. Costa pelo carinho e conselhos em diversos momentos da minha vida acadêmica e profissional. Obrigada por todas as suas dicas e palavras de carinho e incentivo.

A equipe do laboratório de química da UNESC, Amarfelina, Edson e Jéssica, que me auxiliaram na execução das técnicas dos ensaios de parâmetros físico-químicos. Obrigada por compartilharem seus conhecimentos e pela paciência e carinho que tiveram comigo.

Ao GP/HCE 1812 pelo auxílio financeiro na realização dos experimentos.

A Fapesc pela concessão da bolsa de estudos. Muito obrigada!

“Ainda que eu fale a língua dos homens e dos anjos, se não tiver amor, serei como o bronze que soa ou como címbalo que retine. Ainda que eu tenha o dom de profetizar e conheça todos os mistérios e toda a ciência; ainda que eu tenha tamanha fé, a ponto de transportar montes, se não tiver amor, nada serei.”

RESUMO

A presença dos contaminantes emergentes no meio ambiente tornou-se uma preocupação mundial nos últimos anos, e dentre os vários compostos enquadrados nesta classe, os medicamentos representam uma parcela significativa. Entre as rotas de entrada dos contaminantes farmacêuticos para o meio ambiente estão: o uso irracional e o descarte inadequado de medicamentos, o despejo direto de esgoto (humano ou veterinário) e o descarte de águas residuais em corpos hídricos, que é agravada com o grande consumo de medicamentos que ocorre na atualidade. Embora exista uma grande variedade de análises e testes para determinar a presença e os efeitos negativos dos contaminantes farmacêuticos no ambiente, é necessária a prevenção da entrada destes compostos nos compartimentos ambientais. Então, este trabalho visa identificar quais medicamentos estão presentes nas águas residuais que chegam a Estação de Tratamento de Águas Residuais de Criciúma e nas águas superficiais do rio Sangão, relacionado ao perfil de consumo de medicamentos na região, além de realizar um estudo ecotoxicológico com as águas superficiais e residuais citadas. Para isso foram avaliados: o perfil de dispensação de medicamentos dos bairros atendidos pela rede coletora de esgoto e de controle especial do município através de um relatório gerado pela assistência farmacêutica municipal; parâmetros físico-químicos das amostras de águas superficiais; presença de contaminantes farmacêuticos em amostras de águas superficiais e residuais através de cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrometria de massas e a ecotoxicidade das águas superficiais por meio do IQA e do ensaio toxicológico FET. Os resultados mostram o aumento do consumo de medicamentos do ano de 2015 para o de 2016, e que a maioria destes pertence às classes terapêuticas empregadas para o tratamento de doenças crônicas ou para a utilização em alguma condição específica. Dezoito parâmetros físico-químicos tiveram valores em não conformidade com os preconizados para rios de classe II, que é o caso dos corpos hídricos de SC, em pelo menos uma das amostras analisadas. Em relação aos contaminantes farmacêuticos, foram encontrados doze destes, pertencentes às classes dos anti-hipertensivos (3), estimulantes (1), anti-inflamatórios não esteroides (2), antimicrobianos (4), anestésicos (1) e antiarrítmicos (1), sendo que a detecção foi maior nas amostras de águas residuais do que nas superficiais. Observou-se a letalidade de todos os embriões pertencentes aos grupos RS4, RS5 e EF3, que demonstra que a qualidade das águas superficiais do rio Sangão está impactada desde a nascente. Os

resultados obtidos nesta pesquisa permitem concluir que existem inúmeras variáveis para a ocorrência dos contaminantes farmacêuticos nos compartimentos ambientais. Este estudo foi o primeiro a constatar a presença de contaminantes farmacêuticos no município de Criciúma e também no extremo sul catarinense.

Palavras-chave: Contaminantes emergentes. Contaminantes farmacêuticos. Águas superficiais. Águas residuais. Ecotoxicidade.

ABSTRACT

The presence of emerging pollutants into the environment has become a worldwide concern in recent years, and among the various compounds within this class, medicines represent a significant portion. Among the routes of entry of pharmaceutical contaminants into the environment are: irrational use and inappropriate disposal of medicines, direct discharge of sewage (human or veterinary) and wastewater discharge into water bodies, which is aggravated by the large currently occurring. Although there is a wide variety of analyzes and tests to determine the presence and the negative effects of the pharmaceutical contaminants on the environment, it is necessary to prevent the entry of these compounds into the environmental compartments. The objective of this study is to identify which drugs are present in the wastewater arriving at the Criciúma Wastewater Treatment Station and in the surface waters of the Sangão River, related to the profile of drug consumption in the region, as well as conducting an ecotoxicological study with the surface water and sewage. For this purpose, the following were evaluated: the drug dispensing profile of the districts served by the sewage collection network and the special control of the municipality through a report generated by the municipal pharmaceutical assistance; physical-chemical parameters of surface water samples; presence of pharmaceutical contaminants in surface and wastewater samples by means of high performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry and the ecotoxicity of surface water by means of the water quality index (IQA) and the fish embryo toxicity test (FET). The results show an increase in the consumption of drugs from the year 2015 to the year 2016, and that the majority of these belong to the therapeutic classes used for the treatment of chronic diseases or for use in any specific condition. Eighteen physical-chemical parameters had values in non-compliance with those recommended for class II rivers, which is the case of water bodies of SC, in at least one of the samples analyzed. Twelve of these drugs were classified as antihypertensive (3), stimulants (1), non-steroidal anti-inflammatory drugs (2), antimicrobials (4), anesthetics (1) and antiarrhythmics (1), and the detection was higher in the wastewater samples than in the superficial ones. From the results of the ecotoxicity tests it was observed that the quality of the surface waters of the Sangão River is impacted from the source. The results obtained in this research allow to conclude that there are numerous variables for the occurrence of the pharmaceutical

contaminants in the environmental compartments. This study was the first one to verify the presence of pharmaceutical contaminants in the municipality of Criciúma and also in the extreme south of Santa Catarina.

Keywords: Emerging Contaminants. Pharmaceutical Contaminants. Surface Water. Waste Water. Ecotoxicity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do rio Araranguá.....	25
Figura 2 - Representação do município de Criciúma, SC	34
Figura 3 - Representação do local de estudo	36
Figura 4 - Localização dos pontos de coleta das amostras de águas superficiais e residuais.....	38
Figura 5 - Localização da nascente do rio Sangão analisada (N1).....	53
Figura 6 - Localização do ponto a montante da ETAR - rio Sangão (RS4).....	54
Figura 7- Localização do ponto a jusante da ETAR - rio Sangão (RS5).....	54
Figura 8 - Resultado da análise das amostras de águas superficiais.....	62
Figura 9 - Sobrevivência dos embriões de peixe zebra expostos às águas superficiais do rio Sangão e ao efluente	63

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - - Descrição dos reagentes empregados nas análises dos parâmetros físico-químicos	39
Quadro 2 - Descrição dos equipamentos empregados nas análises dos parâmetros físico-químicos	39
Quadro 3 - Parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais avaliados, limite de detecção e metodologia empregada no IPAT	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Classificação do IQA	45
Tabela 2 - Relação de produtos farmacêuticos dispensados nas UBS/ESFs dos bairros atendidos pela rede coletora de esgoto e de control especial do município de Criciúma do ano de 2015 e 2016 expressos em Kg.....	46
Tabela 3 - Resultados dos parâmetros físico-químicos determinados (n=2).....	51
Tabela 4 - Resultados dos contaminantes farmacêuticos determinados nas amostras de águas superficiais.....	55
Tabela 5 - Resultados dos contaminantes farmacêuticos determinados nas amostras de águas residuais	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS	Ácido acetil salicílico
AAS/C	Espectometria de absorção atômica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
Ac. Medr	Acetato de medroxiprogesterona
AC1	Área de Coleta 1
AC2	Área de Coleta 2
A.D.	Antidepressivo
AHP	Anti-hipertensivo
AIE	Anti-inflamatório esteroide
AINE	Anti-inflamatório não esteroide
ANA	Agência Nacional de Águas
ANCV	Anticonvulsivante
ANES	Anestésico
An.Op.	Analgésico opióide
ANPS	Antipsicótico
ANTE	Antiemético
ANTH	Anti-histamínico
ANTM	Antiasmático
ANTR	Antiarrítmico
ASTC	Ansiolítico
ATA	Antiarrítmico
ATM	Antimicrobiano
ATMN	Antianêmico
BHRA	Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá
BRON	Broncodilatador
CASAN	Companhia Catarinense de Águas e Saneamento
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
C.T.	Classe Terapêutica
DAM	Drenagem Ácida de Mina
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO	Demanda Química de Oxigênio
EB2	Esgoto Bruto: amostra 2
EF3	Efluente Tratado: amostra 3
ESHM	Estabilizador de humor
ESF	Estratégia de Saúde da Família
EST	Estimulante
ETAR	Estação de Tratamento de Águas Residuais
EUA	Estados Unidos da América
FET	<i>Fish Embryo Toxicity</i> (Toxicidade em Embriões de Peixe-zebra)
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
HPG	Hipoglicemiante
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
In. β -lact	Inibidor de beta lactamase
IQA	Índice de Qualidade das Águas
IPAT	Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas
LC-qTOF-MS	<i>Accurate-Mass Liquid Chromatography Quadrupole-Time-Of-Flight-Time-Of-Flight-Mass Spectrometry</i> (Cromatógrafo Líquido Acoplado a Espectrometria de Massas por Tempo de Voo)
L.D.	Limite de Detecção
MIP	Medicamento Isento de Prescrição Médica
MS	Espectrometria de Massas
N1	Nascente Rio Sangão: amostra 1
NBR	Normativa Brasileira
O.D.	Oxigênio Dissolvido
pH	Potencial Hidrogeniônico
Q.D.	Quantidade Dispensada
REMUME	Relação Municipal de Medicamentos Essenciais

RENAME	Relação Nacional de Medicamentos Essenciais
RS4	Rio Sangão a Montante da ETAR: amostra 4
RS5	Rio Sangão a Jusante da ETAR: amostra 5
S.D.	Sólidos Dissolvidos
SMEWW	<i>Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater</i>
SPE	Extração em Fase Sólida
S.S.T.	Sólidos Suspensos Totais
S.T.	Sólidos Totais
T.	Turbidez
UASB	<i>Upflow Anaerobic Sludge Blanket</i>
UBS	Unidade Básica de Saúde
V.D.	Variação de dispensação

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	20
2 OBJETIVOS	22
2.1 OBJETIVO GERAL.....	22
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
3.1 RECURSOS HÍDRICOS.....	23
3.1.1 Qualidade de Águas	26
3.2 CONTAMINANTES EMERGENTES	26
3.2.1 Contaminantes farmacêuticos	27
3.3 ROTAS DE ENTRADA DOS CONTAMINANTES FARMACÊUTICOS NO MEIO AMBIENTE	27
3.4 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS	30
3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS VERSUS USO DE MEDICAMENTOS	31
4 METODOLOGIA	34
4.1 DESCRIÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	34
4.2 DETERMINAÇÕES DOS MEDICAMENTOS DISPENSADOS EM 2015 e 2016 ..	34
4.3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE COLETA DAS AMOSTRAS AQUOSAS	35
4.3.1 Pontos de amostragem	36
4.3.1.1 Amostras das águas superficiais e residuais	36
4.4 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E METAIS.....	38
4.4.1 Amostras de águas superficiais	39
4.4.1.1 Determinação de potencial hidrogênionico (pH).....	39
4.4.1.2 Determinação da Temperatura em graus Celsius (T.°C)	39
4.4.1.3 Determinação da Turbidez (T)	40
4.4.1.4 Determinação de Oxigênio Dissolvido (O.D.)	40
4.4.1.5 Determinação de Sólidos Totais (S.T.)	40
4.4.1.6 Determinação de Sólidos suspensos totais (S.S.T.)	41
4.4.1.7 Determinação de Sólidos Dissolvidos (S.D.)	41
4.4.1.8 Parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais	41
4.5 DETERMINAÇÕES DE CONTAMINANTES FARMACÊUTICOS	43
4.5.1 Águas residuais e superficiais	43
4.5.1.1 Limpeza e esterilização de vidrarias	43

4.5.1.2 <i>Extração em Fase Sólida</i>	43
4.5.1.3 <i>Análise por cromatografia a líquido acoplado a espectrometria de massas por tempo de voo (LC-qTOF-MS)</i>	44
4.6 AVALIAÇÃO DA ECOTOXICIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO SANGÃO.....	44
4.6.1 Índice de Qualidade de Água e Estudo Ecotoxicológico	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1 MEDICAMENTOS DISPENSADOS NAS UBS/ESFS DOS BAIROS ATENDIDOS PELA REDE COLETORA DE ESGOTO E DE CONTROLE ESPECIAL NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA	46
5.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E METAIS	50
5.2.1 Águas superficiais	50
5.3 CONTAMINANTES FARMACÊUTICOS DETECTADOS	55
5.4 AVALIAÇÃO DA ECOTOXICIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO SANGÃO	61
5.4.1 Índice de Qualidade de Águas (IQA) e Estudo Ecotoxicológico	61
6 CONCLUSÃO	65
REFERÊNCIAS	68
APÊNDICE(S)	79
APÊNDICE A – Resultados dos parâmetros físico-químicos de esgoto e efluente fornecidos pela CASAN:	80
APÊNDICE B – RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DETERMINADOS NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA DA UNESC EM DUPLICATA	80
APÊNDICE C- LISTA DOS MEDICAMENTOS PADRONIZADOS PARA A ANÁLISE DOS CONTAMINANTES FARMACÊUTICOS EM AMOSTRAS AMBIENTAIS	80
ANEXO(S)	84
ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DA COMISSÃO DE ÉTICA EM USO DE ANIMAIS	85
ANEXO B – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E DE METAIS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS REALIZADOS PELO IPAT	

1 INTRODUÇÃO

A água é um bem de consumo renovável e essencial, pois permite a sustentabilidade da biodiversidade e o funcionamento das diversas formas de vida nos ecossistemas, comunidades e populações. Sua aplicabilidade está relacionada com o grau de qualidade que apresenta (FERNANDES; NOGUEIRA; RABELO, 2008; TUNDISI, 2014; UNESCO, 2017). No entanto, a intensificação das atividades humanas tem comprometido a disponibilidade dos recursos hídricos e, conseqüentemente, favorece a sua contaminação (TUCCI, 1997; 2008; TUNDISI, 2014).

A presença dos contaminantes emergentes no meio ambiente tornou-se uma preocupação mundial nos últimos anos tendo em vista a diversidade de compostos químicos disponíveis para o consumo. O uso exacerbado desses agentes tem promovido a sua disseminação em vários compartimentos do ecossistema e a escassez de estudos sobre a influência destes na saúde das inúmeras espécies a eles expostas ainda são desconhecidas (FERNÁNDEZ et al., 2017; TIJANI et al., 2016).

Dentre os vários compostos enquadrados como contaminantes emergentes, os medicamentos representam uma parcela significativa destes, já que uma exposição aguda pode não exercer uma toxicidade imediata, assim como outros contaminantes o fazem. No entanto, os seus efeitos sutis e em longo prazo não podem ser descartados (RICHARDSON; KIMURA, 2017).

A presença de contaminantes farmacêuticos no ambiente é conhecida desde a década de 70, mas somente com o progresso das tecnologias analíticas é que se pode avançar na detecção destas substâncias em matrizes ambientais, uma vez que estas se encontram em faixas que variam de nanogramas (ng) a microgramas (µg) (DULIO et al., 2009 apud JEANTON et al., 2014; (VALCÁRCEL et al., 2011; FARRÉ et al., 2012; GLASSMEYER, et al., 2017).

Diversas rotas podem ser citadas para a entrada dos contaminantes farmacêuticos nos compartimentos ambientais, tais como: o uso irracional e o descarte inadequado de medicamentos, o despejo direto de esgoto (humano ou veterinário) e o descarte de águas residuais em corpos hídricos (BEAN et al., 2016; KLATTE; SCHAEFER; HEMPEL, 2017). Em sua maioria, as estações de águas residuais (ETARs) convencionais não removem efetivamente os contaminantes emergentes, contribuindo para sua permanência no meio ambiente (IDE et al., 2017).

Atualmente há um grande consumo de medicamentos em função das exigências da vida moderna. Embora exista uma grande variedade de análises e testes para investigar a presença e evidenciar os efeitos negativos dos contaminantes farmacêuticos no ambiente, é necessário viabilizar diferentes métodos de prevenção da entrada destes compostos no ambiente, uma vez que há relatos dos impactos causados por estes agentes sobre o ecossistema.

Na região carbonífera, o Município de Criciúma é o único que possui o sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário e nenhum estudo foi realizado nesta região anteriormente. Desta forma, este trabalho se justifica por contribuir com a comunidade científica e a sociedade identificando quais medicamentos estão presentes sob a forma de contaminantes farmacêuticos nas águas residuais que chegam a Estação de Tratamento de Águas Residuais de Criciúma e nas águas superficiais do rio Sangão relacionado ao perfil de consumo de medicamentos na região, uma vez que estes dados podem nortear soluções e/ou estratégias de prevenção que possam diminuir ou mesmo suprimir estes contaminantes emergentes neste município.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o perfil de dispensação de medicamentos e a presença de contaminantes farmacêuticos em águas residuais e superficiais, no município de Criciúma - SC.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Verificar junto ao serviço de saúde do município de Criciúma os dados de dispensação de medicamentos dos bairros atendidos pela rede coletora de esgoto no município de Criciúma;
- II. Avaliar os parâmetros físico-químicos das amostras de águas superficiais do rio Sangão;
- III. Identificar a presença de contaminantes farmacêuticos do tipo farmacêuticos em amostras de águas residuais e de águas superficiais do rio Sangão e relacionar com os dados de dispensação de medicamentos dos bairros atendidos pela rede coletora de esgoto no município de Criciúma;
- IV. Realizar um estudo da ecotoxicidade das amostras de águas superficiais do rio Sangão e do efluente gerado pela ETAR através do IQA e em embriões de peixe-zebra (*Danio rerio*);
- V. Elaborar um relatório técnico com os dados obtidos nesta pesquisa para enviar a CASAN, com a finalidade de informar o poder público sobre os dados encontrados neste trabalho.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 RECURSOS HÍDRICOS

O desenvolvimento urbano somado ao crescimento populacional e a intensificação das fontes de poluição sem planejamento geram condições ambientais impróprias e levam a exaustão e a competição pelos mesmos recursos naturais, principalmente recursos relacionados ao solo e a água (TUCCI, 1997; 2008).

A água é um bem de consumo renovável e essencial à vida. Seu ciclo hidrológico envolve componentes integrados, como a água superficial, subterrânea, atmosférica, forças globais e climáticas, que influenciam na variabilidade de precipitação e evaporação. Estes fatores, entre outros, definem o padrão de escoamento e disponibilidade da água no planeta. A sucessão contínua e permanente entre estes componentes é a característica fundamental do ciclo da água e através disto, permite que haja sustentabilidade da biodiversidade e o funcionamento das diversas formas de vida nos ecossistemas, comunidades e populações (TUNDISI, 2014; UNESCO, 2017).

As águas superficiais, subterrâneas e os reservatórios de água são elementos essenciais para o desenvolvimento econômico, social e de sustentabilidade de um país. A disponibilidade dos recursos hídricos está relacionada com a qualidade da água para o uso, uma vez que a poluição das fontes pode impedir as diversas aplicabilidades desta. Os cenários relativos às mudanças climáticas projetam uma acentuação das variações espaciais e temporais da dinâmica da água, de modo que discrepâncias entre oferta e demanda hídrica tem se agravado cada vez mais (FERNANDES; NOGUEIRA; RABELO, 2008; UNESCO, 2017).

A evolução das atividades humanas provoca a diversificação nos múltiplos usos da água e contribuem para que sejam introduzidos novos tipos de utilização dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos, produzindo escassez, estresse hídrico, desenvolvimento de doenças de veiculação hídrica, contaminação de águas subterrâneas, entre outros (TUCCI, 1997; 2008; TUNDISI, 2014).

À medida que cresce a demanda pela água, aumenta de forma proporcional a quantidade de águas residuais produzidas. O crescente despejo nos corpos hídricos de esgotos e águas residuais não tratados, combinado ao escoamento agrícola e industrial, resulta na degradação da qualidade da água em todo o mundo, a exemplo de países em

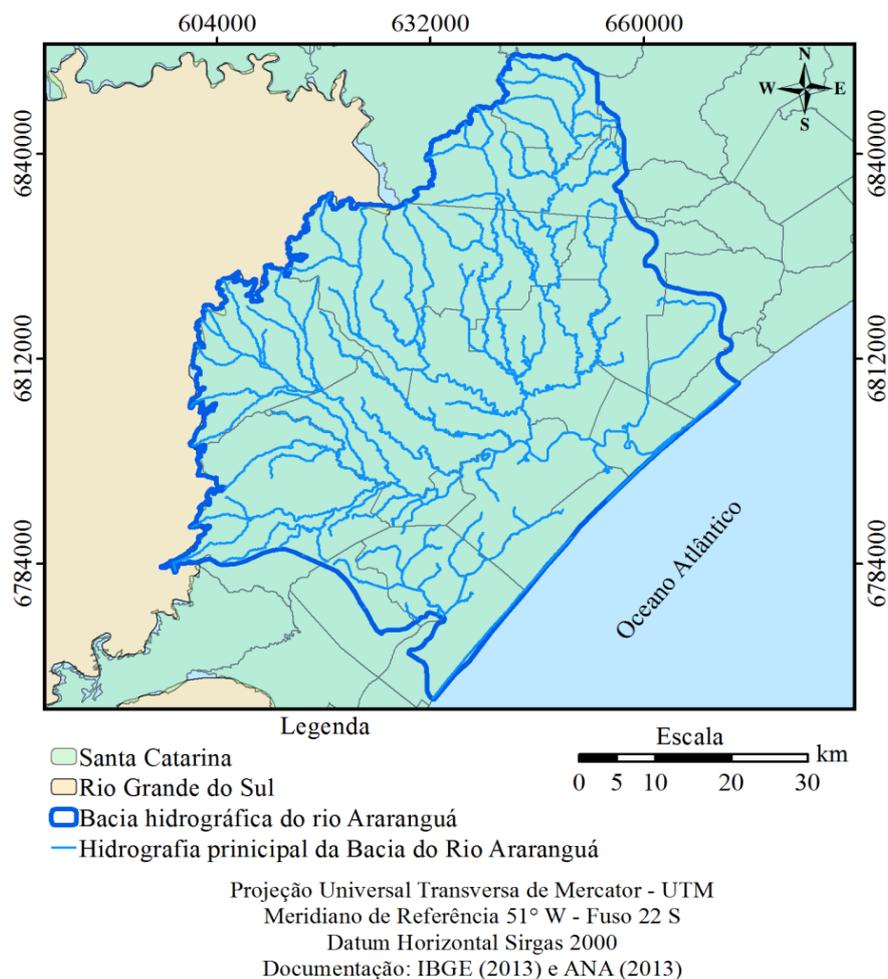
desenvolvimento, como: Quênia, Tunísia, Argentina e Brasil (FRIES et al., 2016; K'OREJE et al., 2016; LLORCA et al., 2017; VALDES, et al., 2016; UNESCO 2017).

O Brasil possui uma posição privilegiada quanto à disponibilidade de recursos hídricos; cerca de 12% da água doce do planeta está contida no território brasileiro. No entanto, estes recursos estão distribuídos de maneira irregular ao longo do país (ANA, 2007; TUNDISI, 2014). O estado de Santa Catarina (SC) é formado por 23 bacias hidrográficas principais, que podem ser divididas em vertente do interior (bacia do Paraná e bacia do Uruguai) e vertente do Atlântico (bacia do Sudeste). A lei Estadual nº 10.949 de 9 de novembro de 1998, para fins de planejamento, gestão e gerenciamento dos recursos hídricos catarinenses, estabelece dez regiões hidrográficas (MILIOLI; SANTOS; CITADINI-ZANETTE, 2009; BACK, 2014).

A região carbonífera, situada no extremo sul catarinense, engloba as bacias hidrográficas do Rio Urussanga, Rio Tubarão e Rio Araranguá, sendo que estas estão inseridas na Região Hidrográfica nº 10-Extremo Sul Catarinense (Figura 1). A bacia hidrográfica do rio Araranguá (BHRA) localiza-se ente as latitudes de 28°40' S e 29°10' S e longitude de 49°20' W a 50°00' W (BACK, 2014). Além do rio Araranguá, os principais rios que a compõem são Itoupava, dos Porcos, Amola Faca, Jundiá, Cachorrinho, Engenho Velho, Figueira, Rocinha, Sanga do Coqueiro, Turvo, Fiorita, São Bento, Mãe Luzia e Sangão. A qualidade das águas desta bacia encontra-se parcialmente comprometida em alguns trechos devido às seguintes atividades: agricultura; crescimento desordenado; desmatamento de nascentes, encostas e mata ciliar; efluentes industriais e domésticos e principalmente pela mineração (BACK, 2014; COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ, 2017).

O extrativismo do carvão mineral na região carbonífera nos anos de 1970-1990 promoveu a expansão socioeconômica da região, mas em contrapartida desencadeou profundos impactos ambientais (CASSEMIRO; ROSA; CASTRO NETO, 2004). Aproximadamente 2/3 dos recursos hídricos desta região encontram-se impactados pelas atividades da mineração de carvão. Estes rios foram contaminados principalmente pelas águas de drenagem ácida de mina (DAM) e apresentam valores de potencial hidrogeniônico (pH) entre 2 e 4, altas concentrações de sulfatos, acidez e metais dissolvidos na água (KREBS; ALEXANDRE, 2017).

Figura 1 - Bacia Hidrográfica do rio Araranguá



Fonte: da Autora, 2017.

Dentre os rios da BHRA comprometidos por esta atividade destaca-se o rio Sangão, cuja bacia de drenagem comportou o maior número de atividades de beneficiamento de carvão e é considerado um dos quinze principais rios desta bacia (ALEXANDRE, 1999; BANDEIRA, 2010). Além da contaminação pelos processos de beneficiamento do carvão, o rio Sangão recebe altas cargas de resíduos urbanos, poluição industrial e esgoto doméstico provenientes do município de Criciúma (KREBS; ALEXANDRE, 2017).

3.1.1 Qualidade de Águas

O Índice de Qualidade de Águas (IQA) foi criado nos Estados Unidos em 1970 e atualmente é a principal ferramenta de análise de águas no país. Os parâmetros utilizados no IQA são, em sua grande maioria, indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. Apesar de bem aceito este método apresenta limitações, já que não considera outros parâmetros importantes como substâncias potencialmente tóxicas (ex: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água. É composto por nove parâmetros, que são: oxigênio dissolvido, coliformes termotolerantes, pH, demanda bioquímica de oxigênio, temperatura, nitrogênio total, fósforo total, turbidez e resíduo total (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2017).

3.2 CONTAMINANTES EMERGENTES

Os contaminantes emergentes são substâncias químicas que receberam uma atenção especial nos últimos vinte e cinco anos. O termo emergente remete à ideia de que estes contaminantes estão sendo introduzidos recentemente no meio ambiente. Entretanto o que está emergindo atualmente é uma maior conscientização da população sobre a presença destes contaminantes no ambiente e sua relação direta com o uso doméstico. Esses compostos são substâncias de origem natural ou sintética, que estão amplamente distribuídos pelos compartimentos ambientais em todo o mundo e que tem o potencial de provocar algum tipo de dano aos seres vivos (GLASSMEYER et al., 2017; LLORCA et al., 2017; USEPA, 2017; ESTRADA et al., 2018).

O aumento da população, associado à gestão insuficiente de águas residuais, ao progresso industrial e o maior consumo de produtos químicos, favorecem a entrada diária de diferentes substâncias químicas nos corpos d'água superficiais ou subterrâneos (ESTRADA et al., 2018; KOBAYASHI et al., 2018).

Dos diversos contaminantes emergentes disseminados, os que mais se destacam são aqueles utilizados há anos pela população e que, de acordo com as suas propriedades físico-químicas, como persistência, volatilidade e lipofilicidade, favorecem a sua permanência no ambiente (TAVARES et al., 2016). Dentre as inúmeras substâncias que se enquadram como contaminantes emergentes destacam-se as toxinas de algas e cianobactérias, retardadores de chama, inseticidas, aditivos químicos,

produtos de higiene pessoal, drogas de abuso e nas últimas décadas os medicamentos, que vem ganhando destaque como contaminantes farmacêuticos (WILLE et al., 2012; USGS, 2017; NORMAN, 2017).

Embora estes contaminantes sejam tipicamente encontrados nas águas superficiais em baixas concentrações, a preocupação cresce em relação às evidências de efeitos biológicos que estes compostos podem exercer sobre outras moléculas, células ou organismos (FERREY et al., 2018). Como exemplo, pode-se citar a presença de antimicrobianos que podem provocar a disseminação de bactérias resistentes a esta classe terapêutica e ocasionar o surgimento de superbactérias (MARTI; VARIATZA; BALCAZAR, 2014).

3.2.1 Contaminantes farmacêuticos

A longevidade, somada ao estilo de vida atual, tem contribuído para o crescente consumo de medicamentos. A ocorrência destes na forma de contaminantes no ambiente é reconhecida como uma questão preocupante, já que os medicamentos são produzidos para atuarem nas funções bioquímicas e fisiológicas nos sistemas biológicos dos seres vivos, mesmo em baixas dosagens e são liberados continuamente no ambiente, podendo afetar organismos não alvo e causando efeitos adversos (BOXALL et al., 2012; MIGOWASKA et al., 2012; GAFFNEY et al., 2014; YANG et al., 2017; KOBAYASHI et al., 2018).

A presença de produtos farmacêuticos no ambiente é conhecida desde a década de setenta nos Estados Unidos da América (EUA), onde verificou-se a presença do ácido clofíbrico, que é um metabólito ativo do clofibrato, em águas residuais (DULIO et al., 2009 apud JEANTON et al., 2014). Contudo, somente os avanços recentes em tecnologias analíticas possibilitaram a detecção destas substâncias em diversas matrizes ambientais e em concentrações limites, geralmente em faixas que variam de nanogramas (ng) à microgramas (µg) (VALCÁRCEL et al., 2011; FARRÉ et al., 2012; GLASSMEYER, et al., 2017).

Analisando o panorama mundial, um número limitado de medicamentos tem sido detectado no ambiente já que a maioria das pesquisas se concentra em países industrializados, como aqueles que pertencem a Europa ou a Ásia. No entanto, estes trabalhos reportam a presença desses contaminantes em concentrações relevantes, como

por exemplo: antimicrobianos, como a eritromicina (1,38 µg/L) azitromicina (0,37µg/L), claritromicina (0,33 µg/L); antitumorais, como bicatulamida (0,24 µg/L), tamoxifeno (0,056 µg/L), ciclofosfamida (0,016 µg/L); psicofármacos, entre eles a carbamazepina (0,265 µg/L), venlafaxina (0,159 µg/L), citalopram (0,029 µg/L) e anti-inflamatórios não esteroides, tais como o ibuprofeno (4,84 µg/L), paracetamol (2,7 µg/L) e diclofenaco (2,29 µg/L). A detecção destes compostos foi possível devido à utilização da técnica de cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE) acoplada à espectrometria de massas (MS). A CLAE é uma das técnicas de separação que possui grande destaque dentro da química analítica e ciência ambiental. Os detectores que utilizam a MS são os mais empregados uma vez que os contaminantes emergentes encontram-se em baixas concentrações e porque este tipo de detector permite a confirmação estrutural dos analitos (SILVA; COLLINS, 2011; WHEN et al., 2014; ZHOU; BROODBANK, 2014; AZUMA et al., 2015; PAIGA et al., 2016; SUN et al., 2016; KAY et al., 2016).

Uma vez que os compostos farmacêuticos apresentam uma ampla variedade de propriedades físico-químicas, estes, quando dissolvidos em corpos d'água, terão as suas concentrações delimitadas por processos físicos, como a diluição, a difusão e o transporte, bem como por processos químicos (abióticos) ou bioquímicos (bióticos). Embora os processos físicos sejam semelhantes para todos os contaminantes, os processos químicos e bioquímicos serão diferentes de acordo com as estruturas moleculares, favorecendo a dispersão destes em diferentes compartimentos ambientais, como por exemplo, ocasionando o seu acúmulo em sedimentos ou em organismos aquáticos (AMINOT et al., 2018; KOBAYASHI et al., 2018).

3.3 ROTAS DE ENTRADA DOS CONTAMINANTES FARMACÊUTICOS NO MEIO AMBIENTE

A presença constante dos contaminantes farmacêuticos já está relatada em vários compartimentos ambientais, incluindo sedimentos, solos, águas superficiais, águas residuais e águas subterrâneas. Esta está intimamente ligada aos processos antropogênicos, principalmente por conta do adensamento populacional humano em áreas de drenagem (K'OREJE et al., 2016; PUCKOWSKI et al., 2016).

Existem diversas rotas para a entrada dos contaminantes farmacêuticos no ambiente, sendo que a maioria está associada à presença de dejetos (fezes e urina) nas águas residuais. Estes dejetos são produzidos em larga escala, principalmente através de atividades humanas e rurais (CHAVES; HALLAM; SEIXAS, 2015; BEAN et al., 2016). Por exemplo, os medicamentos utilizados na medicina veterinária representam uma fonte de poluição preocupante, uma vez que os seus agentes ativos e seus produtos de degradação entram diretamente no meio ambiente sem passar por um sistema de tratamento de esgoto (KLATTE; SCHAEFER; HEMPEL, 2017). Outra importante via de contaminação por produtos farmacêuticos no meio aquático é a descarga de águas residuais, sejam elas oriundas de efluentes industriais, hospitalares ou domésticos, em corpos hídricos (JEANTON et al., 2014; BIEL-MAESO et al., 2018).

Associado a má gestão de recursos hídricos e de águas residuais enfrentados principalmente em países em desenvolvimento, como o Brasil, o crescente acesso sem a devida orientação, adicionada à variabilidade de medicamentos é um fator que corrobora ainda mais para a introdução de contaminantes farmacêuticos no ambiente (KRISTOFKO; BROOKS, 2017). Além disso, o país está entre os maiores consumidores de medicamentos no cenário atual e um dos fatores que favorece esta condição é o envelhecimento populacional. Quanto maior o número de idosos maior é o crescimento no consumo de medicamentos, já que o surgimento de doenças crônicas tende a ocorrer com o avançar da idade (CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA, 2017).

Além da emissão inevitável de grandes quantidades de produtos farmacêuticos através do despejo de águas residuais provenientes de esgotos domésticos e do uso irracional de medicamentos, tanto na medicina humana como na veterinária, o descarte inadequado destes também é um fator que contribui para a contaminação dos recursos ambientais. Diversos motivos podem levar os medicamentos ao descarte, como por exemplo: descontinuidade do tratamento, alterações na dosagem, interrupção do tratamento por reação adversa, ou porque o produto atingiu o seu prazo de validade e deve ser inutilizado. A maioria desses medicamentos é descartada de maneira inadequada em vasos sanitários, ralos de pia, lixo comum, entre outros, formando os resíduos químicos que serão destinados aos aterros sanitários ou então serão incorporados ao esgoto que posteriormente é disposto em corpos d'água (BEAN et al., 2016; KLATTE; SCHAEFER; HEMPEL, 2017).

3.4 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE ESGOTOS DOMÉSTICOS

As tecnologias de tratamento de esgotos são desenvolvidas com a finalidade de destinar o esgoto tratado aos corpos d'água. No entanto, para garantir a integridade dos ecossistemas aquáticos e preservar os múltiplos usos da água é necessário que este atenda aos padrões de qualidade que os corpos receptores/mananciais exigem. Uma das necessidades é reduzir a matéria orgânica biodegradável e os sólidos em suspensão, diminuir as concentrações de macronutrientes, como por exemplo, nitrogênio e fósforo, minimizar ou inativar diversos grupos de organismos patogênicos, e controlar as concentrações de várias substâncias químicas com potencial tóxico a saúde humana e à biota aquática (FLORENCIO et al., 2006).

O esgoto doméstico é formado por constituintes físicos, químicos e biológicos, ou seja, toda a água utilizada nas residências ou em qualquer edifício, que seja originada em pias de cozinha, máquina de lavar roupa, lavagem de pisos, lavatórios, banheiros e descargas de vasos sanitários. Por conter grande variedade de micro-organismos, principalmente oriundos das descargas de vasos sanitários, também são chamados de esgotos sanitários. A composição do esgoto bruto varia conforme o uso e o costume da população local (FLORENCIO et al., 2006; LEME, 2014).

O tratamento de esgoto consiste na eliminação das impurezas incorporadas que resultam em poluição e contaminação. Eles podem ser classificados em: processos físicos, químicos e biológicos (LEME, 2014). No Brasil e em diversos países em desenvolvimento os processos de tratamento de esgoto do tipo manta de lodo anaeróbico de fluxo ascendente acoplado a um pós-tratamento aeróbio (UASB – do inglês *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*) são muito utilizados (CHERNICHARO, 2006). De acordo com os dados da Companhia Catarinense de Águas e Saneamento (CASAN) o sistema de tratamento de esgoto da região de Criciúma é constituído por reator anaeróbico de fluxo ascendente UASB seguido de um sistema de lodo ativado. Este reator utiliza um processo biológico de tratamento com biomassa dispersa, em que os compostos orgânicos são biodegradados e digeridos por meio de uma transformação anaeróbia, formando biogás e mantendo um consórcio de micro-organismos (RODRIGUES et al., 2010).

Em sua maioria as Estações de Águas Residuais (ETAR) convencionais utilizam de sistemas de tratamento biológico para remoção da matéria orgânica e nutriente. Entretanto, esses sistemas podem não remover efetivamente os contaminantes

emergentes devido a sua baixa biodegradabilidade, exibindo a deficiência na remoção destes compostos e contribuindo para a sua permanência no meio ambiente (IDE et al.; 2017). Neste sentido, um estudo conduzido por Brandit e colaboradores (2013) demonstrou a ineficiência deste processo para a remoção dos contaminantes farmacêuticos e constatou que este não removeu os compostos alvos estudados, tais como: hormônios, antimicrobianos e antifúngicos. Deste modo, fica evidente que embora boa parte das águas residuais receba algum tipo de tratamento antes do seu despejo nos corpos receptores, muitas vezes esse processo é insuficiente, pois em sua maioria, as estações de tratamento de águas residuais foram inicialmente projetadas apenas para a remoção de matéria orgânica e dissolvida, especialmente de gorduras e nutrientes (VALCÁRCEL et al.; 2011; CAUSANILLES et al., 2017; KRISTOFKO; BROOKS, 2017; KOBAYASHI et al., 2018; PHILIP; ARAVIND; ARAVINDAKUMAR, 2018).

3.5 IMPACTOS AMBIENTAIS VERSUS USO DE MEDICAMENTOS

O perfil de consumo dos medicamentos não é idêntico nos diferentes países, pois alguns podem ser proibidos ou então substituídos por medicamentos equivalentes. Em função disso, existe uma grande diversidade na detecção dos compostos farmacêuticos no ambiente em todas as partes do mundo e esta variação de detecção também é observada entre diferentes regiões do mesmo país (FENTON; WESTON; CAMINADA, 2006; EBELE; ABDALLAH; HARRAD, 2017).

As concentrações individuais dos contaminantes farmacêuticos no ambiente geralmente estão bem abaixo dos níveis estabelecidos para os tratamentos terapêuticos em seres humanos. No entanto, existe a incerteza dos potenciais danos que estes compostos e suas interações ambientais podem provocar à saúde do ecossistema. É importante ressaltar que estes contaminantes podem reagir com as demais substâncias químicas dispersas no mesmo meio, ainda que estas estejam em baixas concentrações, pois a sua exposição ocorre de maneira recorrente no ambiente (VELLINGA et al., 2014). Pelo fato de que muitos medicamentos e/ou seus metabólitos são eliminados em sua forma ativa e possuem a tendência de “pseudo-resistência”, eles tem o potencial de interferir em organismos não alvo, através da bioacumulação e/ou toxicidade.

Vários estudos sobre a presença de contaminantes farmacêuticos nos ecossistemas aquáticos demonstram os impactos negativos da presença destes no

ambiente. A exposição do peixe dourado *Carassius auratus* à gemfibrozila (hipolipemiante) em concentrações de 0,5µg/L e 1500 µg/L comumente encontradas no meio ambiente, evidenciou a diminuição dos níveis de testosterona plasmática nestes animais, fator este que pode levar a diminuição das taxas de reprodução e consequentemente menor número de indivíduos desta espécie (MIMEAULT et al., 2005).

Peltzer e colaboradores (2017) avaliaram os impactos da presença de dois antibióticos de uso veterinário, enrofloxacino e ciprofloxacino, que possuem a característica de persistência e de efeitos deletérios já conhecidos em peixe-zebra (*Danio rerio*) e em larvas de *Rhinella arenarum*. Constataram que larvas de anfíbios quando expostas a doses acima de 10µg/L de ciprofloxacino tiveram seu tamanho e forma diminuídos quando comparados com o grupo controle. As avaliações de risco indicaram que doses iguais ou acima de 10µg/L de ciprofloxacino e enrofloxacino são ecotóxicas para o desenvolvimento destes organismos.

O diclofenaco (anti-inflamatório não esteroide – AINE) foi associado a altas taxas de mortalidade de três espécies de abutres (*Gyps bengalensis*, *Gyps indicus* e *Gyps tenuirostris*) na Índia e no Paquistão, provavelmente por ter ocasionado insuficiência renal nestes indivíduos (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006). Um estudo conduzido por Vernouillet e colaboradores (2010) demonstrou efeitos de bioacumulação da carbamazepina em algas da espécie *Pseudokirchneriella subcapitata* e no crustáceo *Thamnocephalus platyurus*. Além destes estudos, outros fatores já estão bem documentados, como por exemplo, os antimicrobianos quando lançados no ecossistema não só têm efeitos ecotoxicológicos diretos, mas possuem o potencial de selecionar e disseminar genes de micro-organismos resistentes, representando um grave risco para a saúde humana em longo prazo; os hormônios são apontados por causar a feminização de peixes, entre outros (NASH et al, 2004; GROSS-SOROKIN; ROAST; BRIGHTY, 2006; BIEL-MAESO et al., 2018).

Os dados aqui relatados demonstram a necessidade de análise destes contaminantes farmacêuticos nos corpos hídricos em que são despejados. A detecção e diagnóstico destes compostos permitirá conhecer o problema e, possivelmente, a partir destas informações, o poder público poderá procurar uma solução para este novo problema em um futuro próximo.

Na região carbonífera, o Município de Criciúma é o único que possui o sistema de coleta e tratamento de esgoto sanitário. O método utilizado é o UASB que, segundo a

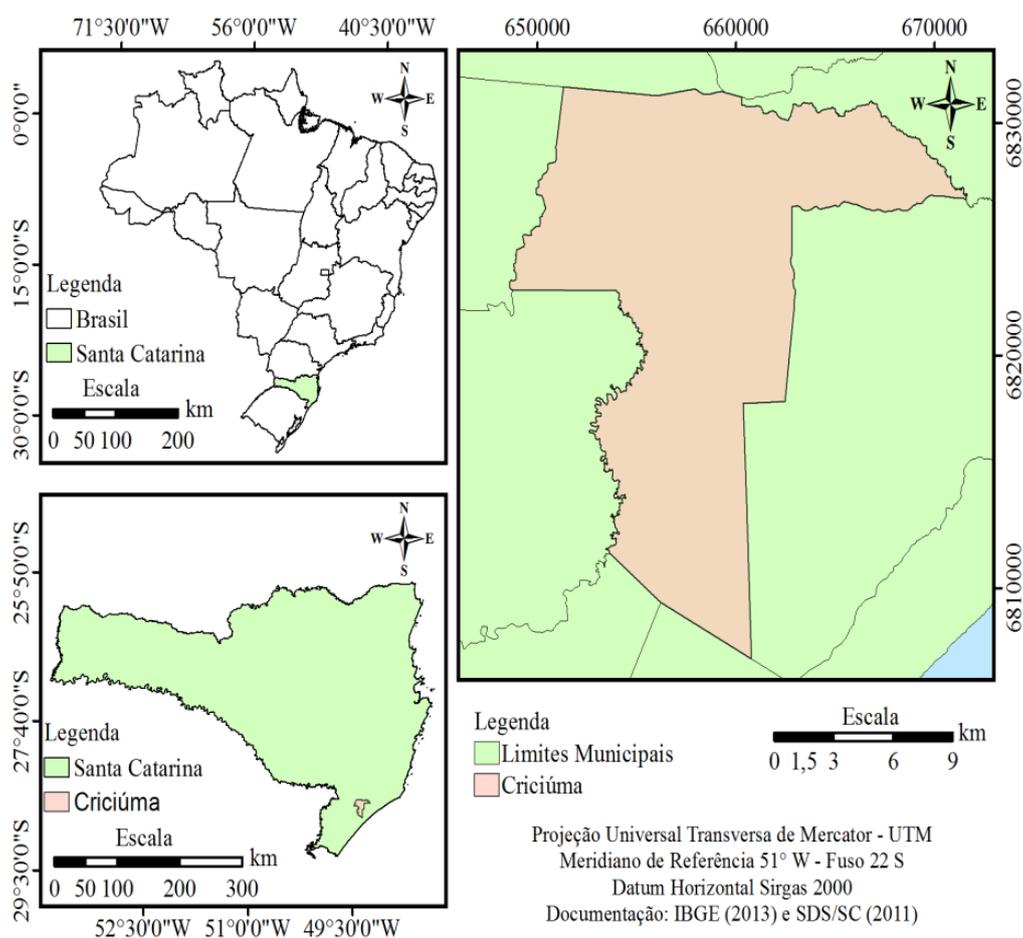
literatura, falha em eliminar os contaminantes farmacêuticos. Já que nenhum estudo foi realizado nesta região anteriormente, este trabalho se propõe investigar a presença de contaminantes emergentes do tipo farmacêutico no rio Sangão através da cromatografia líquida de alta eficiência acoplada a espectrometria de massas por tempo de voo (LC-qTOF-MS).

4 METODOLOGIA

4.1 DESCRIÇÃO E DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Criciúma localiza-se no Extremo Sul Catarinense a cerca de 200 km de Florianópolis (figura 2). Possui uma área territorial de 235,627 Km² e 202.395 habitantes (segundo estimativa do IBGE para 2010).

Figura 2 - Representação do município de Criciúma, SC



Fonte: da Autora, 2017.

4.2 DETERMINAÇÕES DOS MEDICAMENTOS DISPENSADOS EM 2015 E 2016

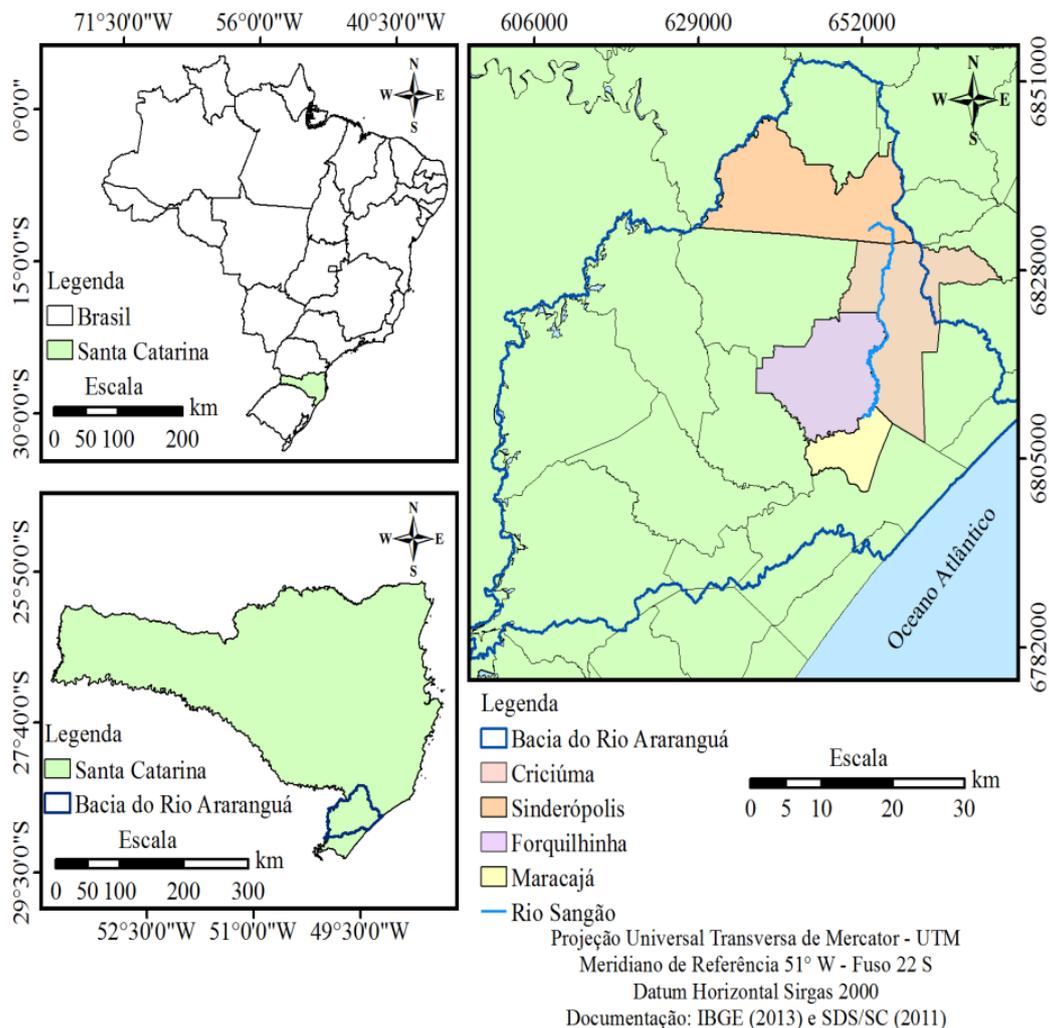
Foi realizado o levantamento dos medicamentos dispensados nos anos de 2015 e 2016 nas doze Unidades Básicas de Saúde/ Estratégias Saúde Família (UBSs/ESFs) dos bairros que são contemplados com a rede coletora de esgoto e os medicamentos sujeitos ao controle especial do município de Criciúma. Estes foram determinados através de um relatório anual emitido pelo setor de Assistência Farmacêutica do município de Criciúma. Os dados foram apresentados (Tabela 2) com a quantidade final para cada substância expresso em quilograma (Kg) juntamente com a variação da dispensação (aumento ou diminuição).

4.3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE COLETA DAS AMOSTRAS AQUOSAS

O estudo foi realizado em uma porção do rio Sangão. Este possui nascentes no município de Siderópolis e sua foz no rio Mãe Luzia, na divisa territorial entre os municípios de Maracajá e Forquilha. Pertence à BHRA, e é considerado um dos quinze rios mais importantes deste sistema hídrico, além de cortar uma grande área do município de Criciúma e ser o destino para o lançamento do efluente após o tratamento na ETAR (BANDEIRA, 2010).

A figura 3 representa a BHRA com destaque para os limites entre a nascente e a foz do rio Sangão. No quadrante superior esquerdo da figura está representado o Brasil destacando o estado de SC. Abaixo está o estado de SC com realce para a BHRA. Ao lado direito representa-se a BHRA com destaque para os municípios que compreendem a sub-bacia do rio Sangão: Siderópolis, Criciúma, Forquilha e Maracajá.

Figura 3 - Representação do local de estudo



Fonte: da Autora, 2017.

4.3.1 Pontos de amostragem

4.3.1.1 Amostras das águas superficiais e residuais

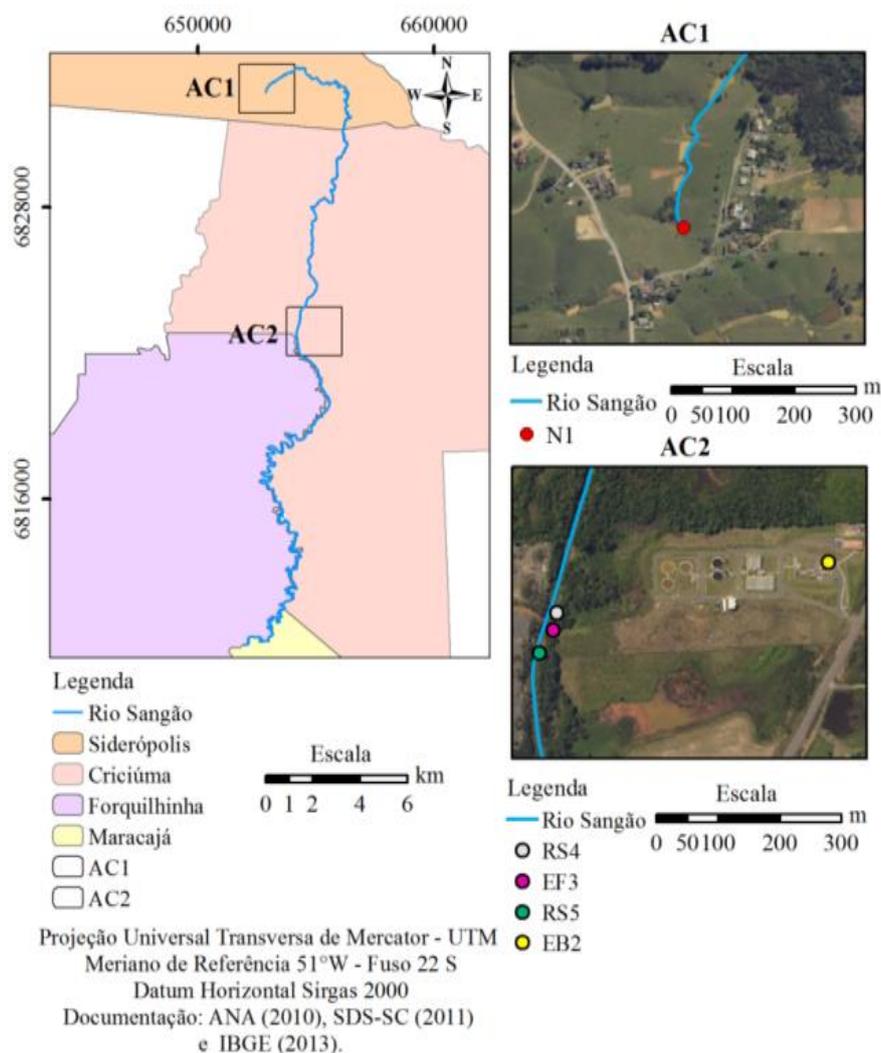
Com o objetivo de identificar a presença de contaminantes farmacêuticos nas águas superficiais e residuais, as amostras foram coletadas nos pontos destacados na figura 4. As amostras de águas superficiais foram coletadas nos municípios de Siderópolis (área de coleta 1 - AC1) e Criciúma (área de coleta 2 - AC2) e correspondem as amostras: da nascente (N1); rio Sangão 100 m a montante da ETE (RS4) e amostra do rio Sangão 100 m a jusante da ETE (RS5).

O procedimento de coleta seguiu as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – Normativa 9898/1987 (ABNT/NBR 9898/1987) que estabelece um guia para a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores, procedimento adotado pelo Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas (IPAT) da UNESCO. As amostras de águas superficiais foram coletadas de maneira manual, em profundidade entre 15 – 30 cm. Foram coletados 5 L de água superficial para cada amostra, o qual foi destinado a realização da determinação dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e de metais e para determinação dos contaminantes farmacêuticos. A amostra N1 foi coletada com a finalidade de fornecer um dado de ponto branco.

Já as amostras de águas residuais foram coletadas na AC2 e correspondem à amostra do esgoto prévio ao tratamento (EB2) e do efluente pós-tratamento (EF3). A coleta também seguiu as normas da ABNT – NBR 9898/1987 com algumas modificações. Para as amostras de águas residuais foi coletado 1 L de cada amostra. Estas foram destinadas a determinação dos contaminantes farmacêuticos e para o teste ecotoxicológico (somente a amostra EF3).

Tanto as amostras de águas superficiais como de águas residuais foram coletadas em uma campanha amostral no mês de julho de 2017. Imediatamente após a coleta, as amostras foram armazenadas em caixas térmicas, com temperatura de 4°C e enviadas ao laboratório para a realização dos experimentos.

Figura 4 - Localização dos pontos de coleta das amostras de águas superficiais e residuais



Fonte: da Autora, 2017.

4.4 ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E METAIS

As determinações dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e de metais foram realizadas apenas para as águas superficiais. Os resultados referentes às amostras de águas residuais foram fornecidos pela CASAN e estão descritos no apêndice A.

4.4.1 Amostras de águas superficiais

A determinação dos parâmetros físico-químicos de pH, turbidez, oxigênio dissolvido, sólidos totais, sólidos suspensos totais e sólidos dissolvidos foi realizada em duplicata no laboratório de química da Universidade do Extremo Sul Catarinense e de temperatura foi realizado *in loco*, de acordo com os reagentes e equipamentos descritos nos quadros 1 e 2 e as metodologias expostas abaixo.

Quadro 1 - Descrição dos reagentes empregados nas análises dos parâmetros físico-químicos

Reagente	Marca
Iodeto de azida alcalina	Dinâmica
Ácido sulfúrico P.A	Synth
Tiosulfato de sódio	Synth

Fonte: da Autora, 2017.

Quadro 2 - Descrição dos equipamentos empregados nas análises dos parâmetros físico-químicos

Equipamento	Marca
Potenciômetro	Quimis
Termômetro	Inconterm
Turbidímetro	Policontrol AP 2000

Fonte: da Autora, 2017.

4.4.1.1 Determinação de potencial hidrogênionico (pH)

O pH foi determinado com o auxílio de um potenciômetro. Após a estabilização do equipamento e calibragem, os eletrodos foram inseridos na amostra, realizando-se a leitura (BRASIL, 2013).

4.4.1.2 Determinação da Temperatura em graus Celsius (T.°C)

A temperatura foi verificada no momento da coleta das amostras com o auxílio de um termômetro e um béquer de 250 mL. Transferiu-se aproximadamente 200 mL da

amostra para um béquer e mergulhou-se o termômetro na amostra, aguardando a estabilização (BRASIL, 2013).

4.4.1.3 Determinação da Turbidez (T)

A turbidez foi determinada seguindo a metodologia proposta pela FUNASA com algumas modificações. Após a calibração do equipamento, introduziu-se uma pequena alíquota de cada amostra em uma cubeta de vidro. Posteriormente colocou-se a amostra no turbidímetro e anotou-se o resultado obtido (BRASIL, 2013).

4.4.1.4 Determinação de Oxigênio Dissolvido (O.D.)

A determinação de oxigênio dissolvido seguiu a metodologia SMEWW 4.500 G (do inglês *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*) com algumas modificações. Em um frasco winkler mediu-se um volume de amostra entre 200-300 mL e 1 mL da solução de iodeto de azida alcalina e agitou-se. Após a formação do precipitado de hidróxido de manganês até metade do frasco, adicionou-se 1mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. Após a solubilização do conteúdo do frasco foi realizada por inversões. Posteriormente, uma alíquota de 200 mL desta amostra foi titulada com a solução padrão de tiosulfato de sódio ($Na_2S_2O_3$) 0,1N, para determinação do oxigênio dissolvido (APHA, 2012).

A determinação dos sólidos totais (S.T), sólidos suspensos totais (S.S.T) e sólidos dissolvidos (S.D.) foi adaptada da norma interna da Sabesp (NTS) 013 (SABESP, 1999).

4.4.1.5 Determinação de Sólidos Totais (S.T.)

Uma cápsula de porcelana foi seca até peso constante (P1). Com o auxílio de uma pipeta volumétrica, foram pipetados 25 mL da amostra para a cápsula de porcelana. Evaporou-se o líquido lentamente em uma chapa de aquecimento. Após, a cápsula foi transferida para uma estufa à 105°C. Resfriou-se no dessecador o conjunto que foi

pesado (cápsula + resíduo) até peso constante (P2). Através do cálculo abaixo, foi determinado o valor de sólidos totais em mg/L.

$$\text{Sólidos totais} = (P_2 - P_1) \times 1000 \times 1000 / \text{volume da amostra (mL)}$$

4.4.1.6 Determinação de Sólidos suspensos totais (S.S.T.)

Foi utilizado um papel filtro previamente seco em dessecador até peso constante (P3). Com o auxílio de uma pipeta volumétrica, 100 mL da amostra foi filtrada em sistema de vácuo e funil de Büchner. O papel filtro foi colocado em estufa com temperatura de 103-105°C por 1 hora. Após, resfriou-se no dessecador e pesou-se o conjunto (filtro + resíduo) até peso constante (P4).

$$\text{SST} = (P_3 - P_4) \times 1000 \times 1000 / \text{volume da amostra (mL)}$$

4.4.1.7 Determinação de Sólidos Dissolvidos (S.D.)

Obteve-se o valor de sólidos dissolvidos em mg/L através da aplicação da fórmula abaixo:

$$\text{SD} = \text{Sólidos Totais} - \text{Sólidos Suspensos Totais}$$

4.4.1.8 Parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais

Os demais parâmetros físico-químicos, microbiológicos e de metais determinados para as amostras de água superficiais foram realizados em duplicata pelo Instituto de Pesquisas Ambientais e Tecnológicas da UNESC e estão descritos no quadro 3.

Quadro 3 - Parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais avaliados, limite de detecção e metodologia empregada no IPAT

	Parâmetros	L.D.	Métodos analíticos
Físico-químicos	Condutividade ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	-	Método de SMEWW- 2510 B
	Potencial redox (mV)	(-1.999 a +1.999)	Potenciométrico
	Sulfatos (mg/kg)	0,5	Gravimétrico
	Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L)	1	Método de SMEWW- 5210 B
	Demanda química de oxigênio (mg/L)	20	Método de SMEWW-5220 D/ EPA 410.4
	Nitrogênio nitrato (mg/L)	0,1	Cromatografia iônica
	Nitrogênio nitrito (mg/L)	0,1	Cromatografia iônica
	Nitrogênio total (mg/L)	0,1	Kjeldahl
	Fósforo total (mg/L)	0,01	Método de SMEWW- 4500 – P B/E
Microbiológico	Coliformes termotolerantes	-	Método de SMEWW- 9221 B
Metais	Zinco (mg/L)	0,01	AAS/C
	Ferro total (mg/L)	0,02	AAS/C
	Manganês (mg/L)	0,01	AAS/C

Legenda: L.D.: limite de detecção; SMEWW: *Standart Methods for the Examination of Water and Wastewater*; AAS/C: Espectrometria de absorção atômica.

Fonte: da Autora, 2017.

4.5 DETERMINAÇÕES DE CONTAMINANTES FARMACÊUTICOS

4.5.1 Águas residuais e superficiais

4.5.1.1 Limpeza e esterilização de vidrarias

Foram utilizados frascos âmbar de 1 L para o armazenamento das amostras. Estes foram previamente limpos com água destilada em abundância e submetidos a um banho de ultrassom com água destilada durante 30 minutos. Posteriormente foram lavados com hexano (PA/Merck) seguido de acetona (grau CLAE/Merck) e colocados em estufa, em temperatura de 300°C por 2 h. Após a esterilização, estes foram guardados envoltos com papel alumínio até o seu uso (JANK et al., 2014).

4.5.1.2 Extração em Fase Sólida

O preparo da amostra foi realizado por extração em fase sólida (SPE), utilizando um protocolo adaptado do trabalho descrito previamente na literatura (JANK et al, 2014). Foram utilizados cartuchos Strata-X™ Polymeric Reversed Phase (33 µm, 200 mg, 6 mL) para pré-concentração e *clean-up* das amostras.

As amostras de águas residuais e superficiais foram submetidas a um processo de filtração à vácuo com filtros de nitrocelulose nas seguintes porosidades: 9, 5, 1,2 e 0,45µm, sucessivamente. Foram utilizados cartuchos com a adição de três mililitros de três soluções distintas: solução de metanol e ácido acético (0,3%); solução de acetona e ácido acético (0,3%) e solução de água ultrapura: metanol (95:5) para ativação dos mesmos. Imediatamente após a ativação dos cartuchos, 250 mL de cada uma das amostras foi acondicionada nos cartuchos por gotejamento. Ao término desta etapa as extremidades dos cartuchos foram vedadas com parafilme e estes foram enrolados em papel alumínio e mantidos sobre refrigeração até o processo de eluição.

4.5.1.3 Análise por cromatografia a líquido acoplado a espectrometria de massas por tempo de voo (LC-qTOF-MS)

Os cartuchos foram eluídos e submetidos à análise cromatográfica. O sistema utilizado foi um cromatógrafo líquido acoplado a espectrometria de massas por tempo de voo (LC-qTOF-MS –do inglês: *Accurate-Mass Liquid Chromatography Quadrupole-Time-Of-Flight-Time-Of-Flight-Mass Spectrometry*), Nexera X2 Shimadzu acoplado a espectrômetro de massa *qToF- Impact II* Bruker.

As amostras foram analisadas por ionização por *eletrospray* (ESI) no modo positivo. O intervalo de m/z estabelecido para aquisição de dados foi de 50 a 1000 Da. A análise de dados foi realizada com o software *Target Analysis™* e *Compass Data Analysis™* (Bruker). Foram analisados 113 fármacos (Anexo C), tendo-se como resultados a presença ou não destes compostos, com limite de detecção (L.D.) de 0,01 $\mu\text{g/L}$.

Este ensaio foi realizado no Instituto de Química do Departamento de Química Inorgânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul através da colaboração da professora Dra. Tânia Mara Pizzolato.

4.6 AVALIAÇÃO DA ECOTOXICIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO SANGÃO

4.6.1 Índice de Qualidade de Água e Estudo Ecotoxicológico

A qualidade das águas superficiais do rio Sangão foi determinada através do Índice de Qualidade de Águas (IQA) que foi calculado através dos resultados de nove parâmetros, físico-químicos e microbiológicos. Utilizou-se o software IQA data para a determinação do resultado.

A qualidade das águas brutas, que é indicada pelo IQA, varia em uma escala de 0 a 100. A classificação está apresentada na tabela 1.

Tabela 1- Classificação do IQA

Categoria	Ponderação
Excelente	$90 < IQA \leq 100$
Bom	$70 < IQA \leq 90$
Regular	$50 < IQA \leq 70$
Ruim	$25 < IQA \leq 50$
Muito Ruim	$00 < IQA \leq 19$

Fonte: Agência Nacional de Águas, 2017.

O ensaio ecotoxicológico foi baseado no protocolo do teste de toxicidade em embriões de peixe zebra (do inglês *FET - Fish Embryo Toxicity*) que consiste em quatro tipos de observações para indicar a letalidade nos embriões de peixe-zebra no período entre 24-96 h pós-fertilização. As observações avaliadas foram: coagulação dos ovos fertilizados, ausência de formação de somitos, falta de separação entre a cauda e o saco vitelínico e a ausência de batimentos cardíacos (OECD, 2013).

Os embriões de peixe-zebra foram divididos em cinco grupos contendo vinte embriões cada. Todos os grupos foram expostos a 1 mL de cada amostra testada, sendo que grupo controle foi exposto a água de osmose reversa e os demais foram divididos em quatro grupos: expostos a água da nascente (N1), rio Sangão a montante da ETE (RS4), rio Sangão a jusante da ETE (RS5) e efluente (EF3).

Os dados obtidos foram submetidos por análise de variância (ANOVA), sendo expressos como média \pm desvio padrão seguido do teste *post hoc* de Tukey, considerando $p < 0.05$ como significativo. O software Graph pad Prisma 6.0 foi utilizado para os cálculos.

O experimento foi realizado sob a supervisão do professor Dr. Eduardo Pacheco Rico, vinculado ao *Laboratório de Sinalização Neural e Psicofarmacologia* do Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade do Extremo Sul Catarinense (PPGCS/UNESC).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MEDICAMENTOS DISPENSADOS NAS UBS/ESFS DOS BAIRROS ATENDIDOS PELA REDE COLETORA DE ESGOTO E DE CONTROLE ESPECIAL NO MUNICÍPIO DE CRICIÚMA

A relação dos medicamentos dispensados pelas UBS/ESFs dos bairros atendidos pela rede coletora de esgoto e de controle especial no município de Criciúma está listada na tabela 2, de acordo a classe terapêutica, a quantidade dispensada referente aos anos de 2015 e 2016 e a variação de dispensação

Tabela 2 - Relação de produtos farmacêuticos dispensados nas UBS/ESFs dos bairros atendidos pela rede coletora de esgoto e de control especial do município de Criciúma do ano de 2015 e 2016 expressos em Kg

Classe terapêutica	Produto farmacêutico	Q. D. (kg). 2015	Q. D. (kg). 2016	V.D. (kg).
AHP				
	Losartana	29,3	37,6	>8,3
	Atenolol	12	13,48	>1,48
	Propranolol	12	13	>1
	Enalapril	11,6	13,8	>2,2
	Captopril	10,5	11,9	>1,4
	Nifedipino	4,27	1,46	<2,81
	Isossorbida	3,9	4,54	>0,64
	Anlodipino	1,3	1,6	>0,32
	Metildopa	9,8	9,34	<0,46
	Verapamil	3,55	5,69	>2,14
ATM*				
	Amoxicilina	54	66	>12
	Cefalexina	24	30,95	>6,95
	Ciprofloxacino	13,9	17,81	>3,91
	Azitromicina	6,94	8,08	>1,14
	Sulfametoxazol	3,85	5	>1,15
	Trimetoprima	0,72	0,91	>0,19
	Eritromicina	0,1	0,12	>0,02
	Neomicina	0,1	0,01	<0,09
AIE				
	Dexametasona	3,58	0,45	>3,13
	Prednisona	0,83	4,53	>3,7
	Prednisolona	0,33	0,83	>0,5
	Hidrocortisona	$3,1 \cdot 10^{-3}$	$8,2 \cdot 10^{-3}$	$>5,1 \cdot 10^{-3}$
ANTH				
	Cinarizina	2,81	3,37	>0,56

	Prometazina	0,41	0,45	>0,04
	Loratadina	0,22	0,33	>0,11
AINE				
	Ibuprofeno	147,85	187,28	>39,43
	Paracetamol	142,5	174	>31,5
	AAS	33,36	80,62	>47,26
	Dipirona	78,85	67,6	<11,25
	Diclofenaco	3,5	0,43	<3,07
Hormônio				
	Ac. Medr.	$2,5 \cdot 10^{-2}$	0,03	$>5 \cdot 10^{-3}$
	Noretisterona	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$>8 \cdot 10^{-3}$
	Estradiol	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$2,2 \cdot 10^{-3}$	$>7 \cdot 10^{-4}$
	Levonorgestrel	$1,1 \cdot 10^{-3}$	1,1	0
	Etinilestradiol	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$<9 \cdot 10^{-5}$
Antifúngico				
	Fluconazol	1,13	1,47	>0,34
	Miconazol	0,63	0,94	>0,31
	Nistatina	0,89	0,98	>0,09
Diurético				
	Furosemida	5,27	6,24	>0,97
	Hidroclorotiazid a	13,75	16	>2,25
	Espironolactona	2,14	2,7	>0,57
HPG				
	Metformina	540,38	654,52	>114,14
	Glicazida	$4,8 \cdot 10^{-3}$	1,95	>1,95
	Glibenclamida	1,59	1,94	>0,35
Antiácido				
	Ranitidina	10,5	13,78	>3,28
	Omeprazol	12,97	19	>6,03
ANTM				
	Aminofilina	2,36	2,27	<0,09
	Fenoterol	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$>5,4 \cdot 10^{-5}$
ANTR				
	Amiodarona	2,19	4,87	>2,68
ANTP				
	Albendazol	1,8	2,67	>0,87
	Permetrina	0,12	0,61	>0,49
	Metronidazol	13	6,9	<6,1
Anestésico				
	Lidocaína	0,09	0,09	0
In. β -lacta				

	Clavulanato	25,5	29,8	>4,3
ATNM				
	Sulfato ferroso	4,48	5,39	>0,91
Antigotoso				
	Alopurinol	3,8	4,59	>0,79
Antifisético				
	Simeticona	0,88	1,34	>0,46
ANTE				
	Metoclopramida	0,26	0,48	>0,22
Antiviral				
	Aciclovir	0,5	1,5.10 ⁻²	<0,48
Vitamina				
	Ácido fólico	0,1	0,38	>0,28
BRON				
	Salbutamol	2,3.10 ⁻³	1,3.10 ⁻³	<8.10 ⁻³
	Ipratrópio	7,5.10 ⁻⁵	6.10 ⁻⁶	<6,9.10 ⁻⁵
Digitálico				
	Digoxina	0,01	1,11	>1,1
ASTC*				
	Diazepam	6,74	6	<0,74
	Clonazepam	2,74	2,65	<0,09
An. Op.*				
	Tramadol	18,3	20	>1,7
A.D.*				
	Fluoxetina	20,5	18	<2,5
	Imipramina	9,1	7,7	<1,4
ANCV*				
	Carbamazepina	139	129	<10
ESHM*				
	Carbo. de lítio	47,5	39,5	<8
ANPS*				
	Clorpromazina	16,7	39,7	>23

Legenda: Q.D. (kg) (quantidade dispensada por kg); V.D. (variação de dispensação em kg); * (classe terapêutica de controle especial); AHP (anti-hipertensivo); ATM (antimicrobiano); AIE (anti-inflamatório esteroide); AINE (anti-inflamatório não esteroide); AAS (ácido acetil salicílico); Ac. Medr. (acetato de medroxiprogesterona); HPG (hipoglicemiante); ANTH (anti-histamínico); ANTM (antiasmático); ANTR (antiarrítmico); ANTP (antiparasitário); ATNM (antianêmico); In. β -lacta (inibidor de beta lactamase); ANTE (antiemético); BRON (broncodilatador); ASTC (ansiolítico); An.Op. (analgésico opióide); A.D. (antidepressivo); ANCV (anticonvulsivante); ANPS (antipsicótico); ESHM (estabilizador de humor). As classes de medicamentos sujeitas a controle especial estão identificadas com um asterisco (*) ao lado.

Fonte: da Autora, 2017.

A determinação dos medicamentos dispensados pelas UBS/ESFs atendidas pela rede coletora de esgoto primeiramente serviu como um guia para direcionar quais padrões de fármacos deveriam estar inclusos na análise dos contaminantes

farmacêuticos. Além disso, pode-se relacionar a presença dos contaminantes detectados com o consumo de medicamentos através da rede pública de saúde consultada em Criciúma.

Entretanto, o banco de dados disponível para análise por LC-qTOF-MS não possui todas as referências de fármacos encontrados no levantamento junto as UBS/ESFs. Desta forma, compostos que eram essenciais para nossa pesquisa não puderam ser detectados/analizados, como foi o caso da metformina, ibuprofeno, losartana que tiveram altas taxas de dispensação, entre outros descritos na tabela 2.

De maneira geral, pode-se observar que a dispensação de medicamentos aumentou quando observamos os dados de 2015 e 2016, principalmente aqueles que pertencem às classes terapêuticas empregadas para o tratamento de doenças crônicas, por exemplo, anti-hipertensivos, hipoglicemiantes e diuréticos, ou então aqueles utilizados em condições agudas como é o caso dos antibióticos, anti-inflamatórios e antifúngicos, entre outros.

O hipoglicemiante metformina foi o medicamento com a maior quantidade de dispensação identificada, apresentando taxas de dispensação de 540,38 kg (2015) e 654,52 kg (2016). A metformina não é metabolizada, sendo 100% excretada pela de urina e fezes. Sua concentração no ambiente dependerá do consumo deste medicamento e da eficiência de sua remoção pelas ETARs (BRIONES; SARMAH; PADHYE, 2016).

Scheurer e colaboradores (2012) constataram que a metformina foi detectada em águas superficiais em concentrações de 1 µg/L e que durante o processo de tratamento de águas residuais, parte da metformina é transformada biologicamente em guaniluréia. Desta forma, embora a metformina e os demais hipoglicemiantes não estejam inclusos nos padrões de contaminantes farmacêuticos avaliados neste trabalho, considerando os valores de dispensação encontrados, bem como as propriedades físico-químicas da substância, não se pode descartar a sua presença nas amostras coletadas e analisadas.

Os AINEs também apresentaram altos e crescentes índices de dispensação, em especial o ibuprofeno com 147,85 kg (2015) e 187,28 kg (2016) e o paracetamol 142,5 kg e 174 kg respectivamente. A presença de AINEs no ambiente é descrita em várias literaturas, como por exemplo, nos trabalhos de Américo-Pinheiro e colaboradores (2017), em que foram detectados a presença do diclofenaco e naproxeno em águas superficiais do córrego da Onça em Mato Grosso do Sul, em concentrações máximas de 8,25µg/L e 21,28 µg/L respectivamente.

O ibuprofeno é o AINE mais encontrado em águas superficiais e isto ocorre devido ao consumo demasiado desta substância pela população, já que este é um medicamento isento de prescrição médica (MIP) e de fácil aquisição (WANG et al., 2017). Dos AINEs dispensados pelas UBS/ESFs identificados neste trabalho, apenas o padrão do ibuprofeno não foi contemplado nas análises, por isto não se pode desconsiderar a sua presença nas amostras estudadas.

A losartana foi o anti-hipertensivo com a maior taxa de dispensação encontrada, respondendo por uma dispensação de 37,6 kg no ano de 2016. Em um *screening* realizado na Colômbia foi detectada a presença de losartana em todas as amostras de águas superficiais analisadas. E na Baía de Todos os Santos (BA), onde foi quantificado 0,032 µg/L deste contaminante em uma das amostras analisadas (HERNÁNDEZ et al., 2015; PEREIRA et al., 2016).

Outras classes terapêuticas que possuem fármacos sendo analisados como contaminantes emergentes são os hormônios e os antimicrobianos. Ambos requerem uma atenção especial, mas os hormônios destacam-se por exercerem seus efeitos em concentrações abaixo de nanogramas e em sua maioria estão dispersos nesta ordem de concentração no ambiente. No rio Iguaçu (PR), Ide e colaboradores (2017) detectaram a presença de estradiol (1,42 µg/L), etinilestradiol (1,48 µg/L) e estrona (0,94 µg/L).

Com exceção da neomicina, todos os antimicrobianos identificados neste trabalho tiveram aumento nos índices de dispensação do ano de 2015 para 2016. A amoxicilina, seguida da cefalexina e o ciprofloxacino foram os antimicrobianos que tiveram um aumento mais expressivo, com quantidades de dispensação de 12, 6,95 e 3,91 kg no ano de 2016, respectivamente. Assim, como os contaminantes farmacêuticos mencionados anteriormente a presença destes no ambiente é bem reportada na literatura, bem como os impactos que podem exercer sobre os organismos, entre eles a resistência bacteriana.

5.2 PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E METAIS

5.2.1 Águas superficiais

A média dos resultados dos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e metais estão descritos na tabela 3.

Tabela 3 - Resultados dos parâmetros físico-químicos determinados (n=2)

Parâmetros físico-químicos	Amostras		
	N1	RS4	RS5
Ph	7,50	3,00	3,70
Temperatura (°C)	18,00	19,0	19,00
Turbidez (NTU)	45,30	8,52	17,00
Oxigênio dissolvido (mg/L)	9,52	1,08	3,00
Condutividade (µs/cm)	88,00	2,10	1755
Sólidos dissolvidos totais (mg/L)	24,00	552,00	450,50
Sólidos suspensos totais (mg/L)	12,00	130,00	45,50
Sólidos totais (mg/L)	36,00	682,00	496,00
DBO (mg/L)	3,00	7,50	2,50
DQO (mg/L)	<20	37	38,50
Nitrogênio nitrato (mg/L)	<0,10	0,10	0,15
Coliformes termotolerantes	>9,4 x 10 ³	4,8 x 10 ⁰	27,55 x 10 ²
Fósforo total (mg/L)	0,02	0,14	0,29
Fosfato (mg/L)	<0,30	0,41	0,87
Ferro total (mg/L)	2,05	56,7	46,8
Manganês (mg/L)	0,55	1,64	1,30
Zinco (mg/L)	<0,01	0,35	0,13

Fonte: Autora, 2017.

Dezoito parâmetros físico-químicos tiveram valores em não conformidade com os preconizados para rios de classe II, que é o caso dos corpos hídricos de SC, através da resolução do CONAMA nº 357/2005 em pelo menos uma das amostras analisadas. Os valores de pH estavam abaixo do limite considerado ideal para as amostras RS4 e RS5, o que caracterizou águas ácidas. Durante a expansão econômica da região carbonífera, o rio Sangão foi um dos mais prejudicados pelas atividades da mineração de carvão mineral, principalmente pelo despejo da DAM. A DAM é formada pela oxidação da pirita (FeS₂) na presença de água (H₂O) e oxigênio (O₂) tornando-se um efluente com elevada acidez, de difícil controle e seu processo de geração pode ocorrer por até centenas de anos após o encerramento das atividades extrativistas. Além de acidificar as águas, já que a DAM apresenta valor de pH baixo (entre 2,0 e 3,0), esta possui altas concentrações de sulfatos e de metais pesados, como podem ser observados nos valores encontrados para as amostras RS4 e RS5 em que a concentração de ferro, manganês e zinco apresentaram-se elevadas (ALEXANDRE, 1999; WEILER; AMARAL FILHO; SCHNEIDER, 2016).

As concentrações de oxigênio dissolvido para as amostras RS4 e RS5 também estiveram abaixo dos limites estabelecidos pela legislação, bem como os resultados de todas as amostras para o parâmetro DQO e de DBO para a amostra RS4 que estavam acima do limite. Estas alterações podem ser explicadas pelas altas cargas de esgoto doméstico que são despejados de maneira irregular no rio Sangão, principalmente pela contribuição do rio Criciúma que se une a este a montante do ponto de coleta RS4 (KREBS; ALEXANDRE, 2017). Sabe-se que a adição de matéria orgânica nos corpos hídricos consome o oxigênio através da oxidação química e, principalmente, da bioquímica (via respiração de micro-organismos), depurando a matéria orgânica. Assim, quando a carga de esgotos lançada excede a capacidade de autodepuração do corpo d'água, o rio fica sem oxigênio (ANDRADE, 2010). Além disso, o lançamento de esgoto bruto e de efluentes nos corpos hídricos leva também ao aumento das concentrações de fósforo, fosfatos, nitrogênio, nitratos, nitritos e sólidos de maneira geral, como pode ser observado nos resultados deste estudo.

As análises de condutividade bem como a de potencial redox não são contempladas pela resolução CONAMA nº 357/2005, mas segundo Machado (2010), valores acima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ indicam ambientes impactados. Pode-se observar que as amostra N1 e RS4 tiveram seus valores abaixo de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$, enquanto que a amostra RS5 apresentou um resultado muito acima deste limite (1755 $\mu\text{S}/\text{cm}$). No estudo conduzido por Conceição e colaboradores (2015), foi possível associar o aumento da condutividade em dois pontos analisados na Bacia do Alto Sorocaba (SP) que foram de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente, pelo despejo de efluentes da cidade de Ibiúna.

Os resultados dos ensaios microbiológicos para coliformes termotolerantes também não atenderam aos padrões estabelecidos pela resolução, inclusive na nascente. A amostra N1 (nascente) localiza-se em uma área de zona rural em terreno onde há prática de atividade pecuária, que pode ocasionar a contaminação da nascente por coliformes. A figura 5 representa a localização da nascente amostrada e o ponto de coleta está indicado pela seta branca.

Figura 5 - Localização da nascente do rio Sangão analisada (N1)



Fonte: da Autora, 2017.

Degenhardt e Falavinha (2014) relataram a presença de coliformes termotolerantes (em valores que variaram entre 0,01 a > 20 UFC/100 mL) em 73% das amostras de água provenientes de poços rasos e nascentes analisadas em seu estudo no município de Capinzal, SC. Constatou-se que neste caso, a principal via de contaminação destes recursos ocorre devido às atividades rurais de criação de aves, suínos e bovinos sem o devido sistema de tratamento de resíduos. O trabalho de Santos e colaboradores (2015) também detectou a contaminação por coliformes em amostras de água de duas nascentes no município de Varre-Sai (RJ). No primeiro ponto de coleta havia exposição total da nascente amostrada e encontraram-se valores de contaminação superiores do que quando comparados ao segundo ponto, em que este possuía estruturas de proteção da nascente. Desta forma, fica evidente a importância das áreas de proteção permanente das nascentes, pois segundo Amaral e colaboradores (2003), a proteção das fontes de abastecimento ajuda a preservar a qualidade d' água.

Já as amostras RS4 e RS5 localizam-se em meio à cidade de Criciúma e por consequência recebem a contribuição do esgoto e do efluente gerado pela ETAR, elevando a presença das bactérias do gênero coliformes no rio Sangão. As figuras 6 e 7 representam a localização de coleta das amostras RS4 e RS5 que estão indicados pela seta branca, respectivamente.

Figura 6 - Localização do ponto a montante da ETAR - rio Sangão (RS4)



Fonte: da Autora, 2017.

Figura 7- Localização do ponto a jusante da ETAR - rio Sangão (RS5)



Fonte: da Autora, 2017.

O comportamento dos contaminantes farmacêuticos no meio aquático ainda não é bem conhecido e sua distribuição dependerá das condições ambientais, tais como as condições físico-químicas de cada local e das características químicas de cada composto. De maneira geral a baixa volatilidade e alta polaridade deste tipo de contaminante indica que a distribuição ambiental ocorrerá principalmente através do

transporte aquoso, mas também pode ocorrer por meio de dispersão através da cadeia alimentar ou pelo acúmulo no sedimento (EBELE; ABDALLAH; HARRAD, 2017).

A adsorção destes compostos ao sedimento será influenciada por diversos fatores, tais como a constante de ionização da molécula, capacidade de troca entre cátions, teor de argila e de carbono orgânico do mesmo, entre outros. Por exemplo, contaminantes farmacêuticos como o ibuprofeno, diclofenaco e cetoprofeno que possuem valores de pKa entre 4,9 a 4,1 ocorrem como íons em pH neutro, apresentando baixas probabilidades de aderirem ao sedimento, mas a adesão a este aumenta conforme o pH diminui. Já os contaminantes farmacêuticos que possuem características básicas tendem a aderirem ao sedimento e estarem com menor frequência no compartimento aquoso (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006; AL-KHAZRAJY; BOXALL, 2016).

Portanto, a adsorção de contaminantes farmacêuticos ao sedimento representa uma via de liberação importante e continua desses compostos químicos para águas adjacentes. Além disso, este mecanismo pode levar a bioacumulação destas substâncias, bem como a sua biomagnificação e provocar efeitos adversos aos organismos a eles expostos, tais como os organismos bentônicos (FENT; WESTON; CAMINADA, 2006; AL-KHAZRAJH; BOXALL, 2016; EBELE; ABDALLAH; HARRAD, 2017).

5.3 CONTAMINANTES FARMACÊUTICOS DETECTADOS

Foram detectados doze contaminantes farmacêuticos nas amostras analisadas, distribuídos de maneira não uniforme nas matrizes ambientais aquosas. As tabelas abaixo 4 e 5 representam os resultados de presença ou não dos contaminantes farmacêuticos de acordo com cada uma das amostras analisadas:

Tabela 4 - Resultados dos contaminantes farmacêuticos determinados nas amostras de águas superficiais

C.F.	C.T.	Amostras								
		N1	N1	N1	RS4	RS4	RS4	RS5	RS5	RS5
Atenolol	AHP				×	×	×	×	×	×
Cafeína	EST	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Cetoprofeno	AINE							×	×	×
Lidocaína	ANES				×	×	×	×	×	×

Metoprolol	AH		×	×	×	×	×	×
Paracetamol	AINE					×	×	×

Legenda: C.T. (Classe terapêutica); AHP (Anti-hipertensivo); EST (Estimulante); AINE (Anti-inflamatório não esteroide); ANES (Anestésico).

Fonte: da Autora, 2017.

Tabela 5 - Resultados dos contaminantes farmacêuticos determinados nas amostras de águas residuais

Contaminantes farmacêuticos	C.T.	Amostras					
		EB2	EB2	EB2	EF3	EF3	EF3
Atenolol	AHP	×	×	×	×	×	×
Cafeína	EST	×	×	×	×	×	×
Cetoprofeno	AINE	×	×	×	×	×	×
Ciprofloxacino	ATM	×	×	×			
Clindamicina	ATM				×	×	×
Eritromicina	ATM				×	×	
Lidocaína	ANES	×	×	×	×	×	×
Metoprolol	AHP	×	×	×	×	×	×
Paracetamol	AINE	×	×	×			
Propranolol	AHP				×	×	×
Sotalol	ATA	×	×	×	×	×	×
Trimetoprima	ATM				×	×	×

Legenda: C.T. (Classe terapêutica); AHP (Anti-hipertensivo); EST (Estimulante); AINE (Anti-inflamatório não esteroide); ATM (Antimicrobiano); ANES (Anestésico); ATA (Antiarrítmico).

Fonte: da Autora, 2017.

A cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas é amplamente utilizada para separação e identificação da estrutura molecular de substâncias químicas. Uma variante do método, a LC-qTOF-MS empregada neste trabalho, é amplamente aceita pela comunidade científica e muito utilizada em estudos com fins semelhantes ao deste, validando a metodologia aplicada para a identificação dos contaminantes farmacêuticos presentes nas águas superficiais e residuais estudadas.

Dentre as diversas classes terapêuticas investigadas foram encontrados doze contaminantes farmacêuticos, pertencentes às classes dos anti-hipertensivos (3), estimulantes (1), anti-inflamatórios não esteroides (2), antimicrobianos (4), anestésicos

(1) e antiarrítmicos (1). Observou-se que a variedade de contaminantes farmacêuticos detectados foi maior nas amostras de águas residuais do que nas superficiais.

Esta condição pode ser explicada através da qualidade das águas do rio nos pontos RS4 e RS5, em que o pH é ácido (3,0 – 3,7 respectivamente), o que favorece a transformação química de algumas moléculas, favorecendo a deposição destas no sedimento, por exemplo. Além disso, os índices de precipitação no mês de julho foram considerados praticamente nulos, concentrando ainda mais os poluentes que favorecem a acidez no local (EPAGRI/CIRAM, 2017; INMET, 2017). Ainda, a quantidade de matéria orgânica presente no esgoto é maior do que quando comparado com a quantidade nas águas superficiais, o que eleva a presença de contaminantes farmacêuticos nesta matriz.

De maneira geral, embora a nascente sofra ações antrópicas, que neste caso é principalmente através da atividade pecuária, a possibilidade de entrada dos contaminantes farmacêuticos é menor quando comparado com a extensão do rio Sangão que corta as áreas urbanas de Siderópolis e Criciúma.

Além disso, outra justificativa para ausência de alguns contaminantes farmacêuticos é que estes podem estar presentes em quantidades inferiores aos limites de detecção do equipamento que é de 0,01µg/L. Outra questão que pode contribuir para não detecção destas amostras nas águas superficiais é o volume de água no rio, que é superior ao volume de esgoto que chega para o tratamento, fator que auxilia na diluição dos contaminantes.

A cafeína foi a única substância encontrada em todas as amostras analisadas, sendo também, a única detectada na amostra da nascente. Embora a cafeína seja um contaminante farmacêutico, vale ressaltar que o consumo generalizado de produtos contendo cafeína, como por exemplo, alimentos, bebidas e medicamentos, até mesmo para fins veterinários podem explicar sua ampla ocorrência. Esta substância é comumente utilizada como indicador de atividade antropogênica em ambientes naturais, uma vez que sua presença está diretamente relacionada à entrada de esgoto doméstico não tratado nos compartimentos ambientais (IDE et al., 2017).

Outros estudos realizados em corpos d'água brasileiros já detectaram a presença da cafeína. Em um deles, realizado em Curitiba, (PR) constatou-se que a cafeína foi o produto farmacêutico com maior frequência de detecção (58% em todas as amostras analisadas), com a concentração máxima de 27 µg/L (IDE et al., 2017). Pereira e colaboradores (2016) também detectaram e quantificaram a cafeína na Baía de Todos

os Santos (RJ) em concentrações máximas de 0,51 µg/L e em São Paulo, foi detectado 0,13 µg/L de cafeína em estudos realizados no rio Monjolinho (CAMPANHA et al., 2015). Machado et al. (2016) investigaram a presença de contaminantes emergentes em mais de 100 amostras de água potável espalhadas por 22 capitais brasileiras e encontraram a maior concentração de cafeína para a amostra de água da cidade de Porto Alegre, com 2,77 µg/L.

Quando comparado com países como a Turquia, que já detectou níveis de cafeína em águas superficiais de 5,55 µg/L (AYDIN; TALINLI, 2013), ou com a Grécia, em que foram detectados valores entre 0,125 µg/L e 3,506 µg/L, nota-se que o Brasil é um dos países que possui as maiores concentrações de cafeína nas águas superficiais. Além das altas taxas de consumo, os baixos índices de tratamento de esgoto no país podem favorecer sua permanência no ambiente, uma vez que estudos sugerem que a cafeína possui taxas de remoção de até 90% através por ETARs com tratamentos biológicos (CAMPANHA et al., 2015; QUADRA et al., 2017).

O anestésico local lidocaína também foi detectado nas amostras EB2, EF3, RS4 e RS5. Estudos realizados na China detectaram a presença de lidocaína em todas as amostras de águas superficiais analisadas, provenientes de três rios. A concentração média de lidocaína encontrada foi de 0,098 µg/L (KONG et al., 2015). Na Grécia também foi relatada a presença de lidocaína na água do mar, com alta frequência de detecção (>90%) e concentração máxima de até 0,0128 µg/L (ALYGIZAKIS et al., 2016). Em ambos os casos a presença deste composto foi justificada pela descarga de efluentes oriundos de ETARs aos respectivos corpos hídricos, uma vez que esta substância também foi detectada nas águas residuais (KONG et al., 2015; ALYGIZAKIS et al., 2016).

Embora a lidocaína possua a taxa de metabolização em torno de 90% da dose consumida e apenas 10% seja liberada no ambiente de maneira inalterada (KEENAGHAN; BOYES, 1972), a presença desta substância nas amostras analisadas pode estar relacionada com o descarte inadequado de medicamentos em sistema de esgotamento sanitário.

Além disso, o consumo também pode ser citado uma vez que, de acordo com os dados de dispensação de medicamentos encontrados, a lidocaína foi dispensada na ordem de 0,09 kg nos anos de 2015 e 2016 e a mesma foi detectada tanto na amostra de esgoto bruto como no de efluente, indicando que o processo de tratamento utilizado não foi adequado para sua remoção. Gómez & Püttmann (2012) constataram que a lidocaína

é parcialmente removida no processo de tratamento de águas residuais, portanto é continuamente liberada para os corpos receptores.

Estudos realizados por Mandaric e colaboradores (2018) constataram que os anti-inflamatórios foram os compostos mais frequentemente detectados nas águas residuais tratadas e não tratadas na Espanha, atribuindo esta contaminação pela facilidade de acesso a esta classe terapêutica, já que em sua grande maioria, estes são comercializados sem receita médica e amplamente utilizados devido a prática generalizada da automedicação.

Neste trabalho detectou-se a presença de AINEs; paracetamol na amostra EB2 e RS5, e cetoprofeno nas amostras EB2, EF3 e RS5. O paracetamol é um AINE amplamente utilizado devido as suas propriedades analgésicas e antipiréticas. O fígado, e em menor grau o rim e o intestino, são os principais órgãos envolvidos no seu metabolismo. Após sua ingestão, cerca de 80 a 90% do paracetamol é convertido principalmente em metabólitos farmacologicamente inativos sendo eliminados através das vias urinárias (MAZALEUSKAYA et al., 2015).

Com base na informação anteriormente citada e com o crescente consumo de paracetamol, que pode ser observado mediante os dados de dispensação de medicamentos relatados neste trabalho (que foi 142,5 Kg no ano de 2015 para 174 Kg para 2016) sugere-se que a presença deste contaminante na amostra de água superficial RS5 está relacionada ao descarte inadequado de medicamentos, bem como com a contribuição de águas residuais contaminadas por ele, uma vez que este composto foi detectado na amostra de esgoto (EB2) e na amostra de efluente (EF3) não. Embora ele não tenha sido detectado na amostra EF3, não se pode descartar a possibilidade de que a substância esteja presente em concentrações abaixo do L.D. do equipamento ou pode-se também deduzir que o processo de tratamento de esgoto foi eficiente para sua inativação, justificando a não detecção do paracetamol na amostra EF3.

O cetoprofeno foi detectado com 100% de frequência nas amostras de águas residuais e na amostra RS5. Desta forma, pode-se deduzir que o processo de tratamento de esgoto não foi eficiente para a remoção deste composto, uma vez que o mesmo foi detectado na amostra do esgoto (EB2) e posteriormente no efluente (EF3). Outros estudos já relataram a presença e a persistência do cetoprofeno em águas residuais após o tratamento nas ETARs (SZABÓ, et al, 2011).

Embora este medicamento não faça parte da Relação Nacional de Medicamentos Essenciais (RENAME, 2017) e nem da Relação Municipal de Medicamentos (REMUME, 2017), não se pode descartar a possibilidade de seu uso por prescrição médica e/ou aquisição através da farmácia comunitária. O que justifica sua presença nas águas residuais e na água superficial do rio Sangão a jusante da ETAR.

Quanto à classe dos anti-hipertensivos, o atenolol e o metoprolol foram detectados nas amostras EB2, EF3, RS4 e RS5; o propranolol na amostra EF3; da classe dos antiarrítmicos, o único detectado foi o sotalol nas amostras EB2 e EF3. De acordo com resultados de Godoy, Kummrow e Pamplin (2015) os anti-hipertensivos e antiarrítmicos beta-bloqueadores, atenolol, metoprolol, propranolol, sotalol são os mais detectados em ambientes aquáticos por figurar entre os medicamentos mais consumidos em todo o mundo. Nos EUA, por exemplo, realizou-se um estudo que verificou a presença de diversos poluentes orgânicos e encontrou-se concentrações de atenolol de 0,19 µg/L em águas superficiais e 3 µg/L em efluente, para o metoprolol as concentrações foram de 0,21 µg/L e 0,66 µg/L respectivamente (BATT et al., 2015). No rio Jundiá (SP) foram detectados concentrações médias de atenolol entre 0,22 e 0,43 µg/L e de propranolol inferiores a 0,1 µg/L (SOUZA et al., 2015).

As taxas de metabolismo humano variam muito para estas classes terapêuticas. Por exemplo, atenolol e sotalol são excretados praticamente inalterados (>96%), o que explica a detecção destes nas amostras analisadas. Já o metoprolol e o propranolol, sofrem metabolismo extensivo excretando apenas uma pequena porcentagem destes de forma inalterada (até 10%) e de acordo com a dose utilizada (GODOY; KUMMROY; PAMPLIN, 2015).

Apenas o atenolol e o propranolol foram dispensados pelas UBS/ESFs avaliadas neste trabalho e com quantidades de dispensação de 13,48 kg e 13 kg para o ano de 2016, respectivamente. Desta forma, pode-se sugerir que a presença do atenolol e do sotalol possa estar relacionada com o consumo destes medicamentos.

A presença do metoprolol e do propranolol pode ser referente ao descarte inadequado destes através do sistema de esgotamento sanitário, uma vez que, os mesmos possuem altas taxas de metabolização e, desta forma, esperava-se que não fossem detectados nestas amostras. Além disso, pode-se propor que a detecção do propranolol apenas na amostra EF3 possa ter sido limitada pelo L.D. do equipamento.

A classe dos antimicrobianos tem recebido uma atenção especial na pesquisa de contaminantes emergentes devido à extensão dos impactos negativos de sua

ocorrência. Neste estudo foram detectados os antimicrobianos ciprofloxacino, clindamicina, eritromicina e trimetoprima.

O ciprofloxacino foi detectado apenas nas amostras EB2, o que propõe sua presença nestas por meio do consumo humano, levando em consideração a quantidade dispensada deste medicamento pelas UBS/ESFs estudadas no ano de 2016 de 17,80 kg, aproximadamente. O ciprofloxacino é metabolizado parcialmente pelo fígado e produz ao menos quatro metabólitos ativos que mantêm as atividades antimicrobianas características da classe química quinolonas (AL-OMAR, 2005).

Entretanto, como houve a detecção em EB2 e considerando que as ETAR convencionais podem não remover os produtos farmacêuticos (SUI et al., 2010), não se pode descartar a hipótese da presença de ciprofloxacino na amostra EF3, mesmo que não tenha sido detectada nesta amostra. Deste modo, supõem-se que a quantidade deste produto farmacêutico esteja abaixo do L.D. do equipamento ($0,01\mu\text{g/L}$) e/ou sob a forma de seus metabólitos.

Quanto à presença antimicrobianos clindamicina, eritromicina e trimetoprima que foram detectados apenas no efluente, pode-se sugerir que estes compostos estavam em concentrações abaixo do L.D. do equipamento ($<0,01\mu\text{g/L}$) na amostra EB2 e que após o processo de tratamento de esgoto, tenha ocorrido a sua concentração, uma vez que o tratamento leva a diminuição dos interferentes que poderiam ter impossibilitado a detecção destes na amostra de esgoto.

Com exceção da clindamicina, as demais substâncias antimicrobianas foram dispensadas pelas UBS/ESFs atendidas pela rede coletora de esgoto nos anos de 2015 e 2016, o que indica que a população fez uso destes compostos.

5.4 AVALIAÇÃO DA ECOTOXICIDADE DAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO SANGÃO

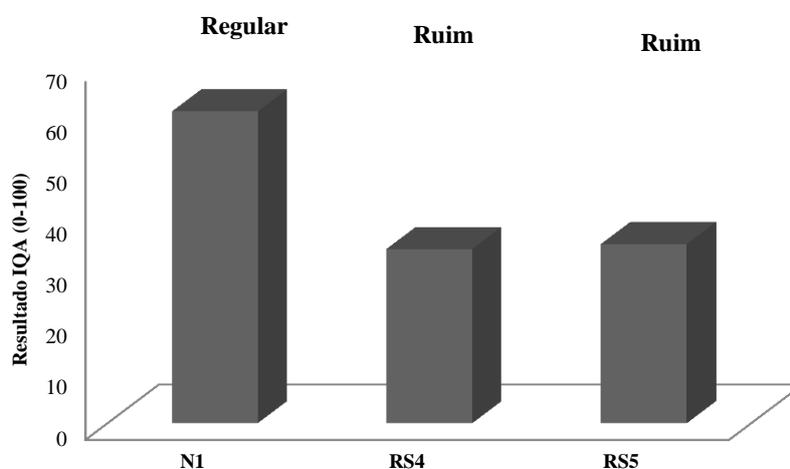
5.4.1 Índice de Qualidade de Águas (IQA) e Estudo Ecotoxicológico

Embora o Índice de Qualidade da Água (IQA) seja destinado para avaliar a qualidade de água para abastecimento humano ele leva em consideração diversos parâmetros que indicam a contaminação de corpos hídricos devido ao despejo de esgoto doméstico. Desta forma, aplicou-se este índice para obter-se um indicativo da qualidade

do rio Sangão, visto que este recebe grandes volumes de esgoto e também o efluente gerado pela ETAR.

O IQA foi calculado com base nos resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas desta pesquisa e encontra-se apresentado, juntamente com a sua classificação, na figura 8.

Figura 8 - Resultado da análise das amostras de águas superficiais



Legenda: Resultado da análise das amostras de águas superficiais obtidas através do software IQADATA (2015), em que: N1 (amostra da nascente do rio Sangão), RS4 (amostra de água do rio Sangão a montante da ETAR) e RS5 (amostra de água do rio Sangão a jusante da ETAR).

Fonte: da Autora, 2017.

A partir dos resultados do IQA, observa-se que a qualidade das águas superficiais do rio Sangão está impactada desde a nascente. Embora a amostra N1 tenha apresentado um resultado regular, após a análise pelo IQADATA (2015) é possível considerar que os parâmetros de coliformes termotolerantes e turbidez representam os fatores que corroboram para a não qualidade do local, sendo que a contribuição para a classificação encontrada está baseada nos dados que apontam que existe a presença de valores acima de 50% para coliformes termotolerantes e entre 10 e 24% para turbidez.

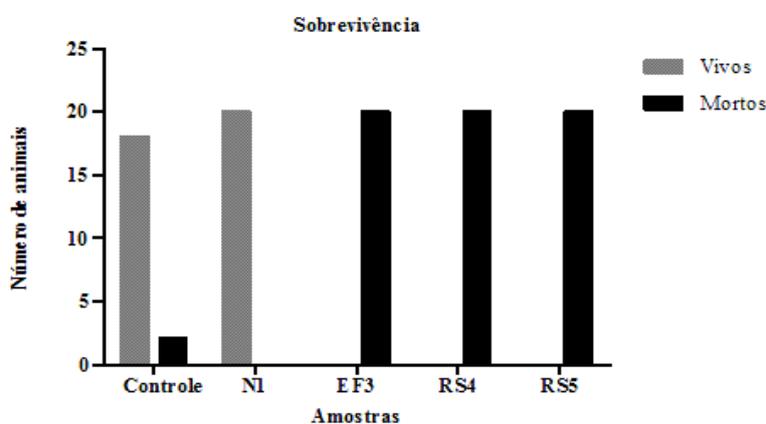
Pode-se sugerir que as condições de manejo no local influenciaram nos resultados encontrados, pois esta amostra foi coletada em um terreno em que ocorre atividade pecuária, sendo assim, é comum que haja contaminação por bactérias do gênero coliformes. Além da contaminação por coliformes, as atividades de pecuária promovem a entrada de sedimentos e íons na água, devido aos impactos da passagem do

gado, diminuição das áreas de floresta, o que pode explicar o envolvimento do parâmetro de turbidez como fator para não qualidade no local, embora seu resultado esteja dentro dos limites preconizados pela resolução do CONAMA 357/2005 (MORAIS; LORANDI, 2016).

Ambos os pontos RS4 e RS5 apresentaram-se com a classificação do IQA ruim. De acordo com os dados obtidos pelo IQADATA (2015), os fatores que contribuem para que este índice de qualidade seja insatisfatório em ambas as amostras são: os baixos valores de oxigênio dissolvido, bem como do pH, em que ambos representaram entre 25-50% de contribuição para a classificação ruim; e a alta concentração de coliformes termotolerantes que representou 10-24% como contribuinte.

O estudo de ecotoxicidade também foi realizado, e a taxa de sobrevivência dos embriões utilizados no ensaio está representada na Figura 9.

Figura 9 - Sobrevivência dos embriões de peixe zebra expostos às águas superficiais do rio Sangão e ao efluente



Legenda: Taxas de sobrevivência de embriões de peixe zebra expostos as águas suxerficiais: NI (nascente), RS4 (rio Sangão a montante da ETAR) e RS5 (rio Sangão a jusante da ETAR); e agua residual: EF3 (efluente).

Fonte: da Autora, 2017.

Além dos parâmetros físico-químico, podem-se utilizar organismos vivos como bioindicadores de qualidade ambiental. Neste contexto, o peixe zebra tem sido muito utilizado como modelo de peixe zebra no monitoramento de poluentes orgânicos, bem como para avaliar certos contaminantes em estudos de qualidade de água (MARTÍNEZ-SALES; GARCIA-GIMENEZ; ESPINÓS, 2015).

Embora já fosse esperado que os embriões dos grupos RS4 e RS5 não fossem sobreviver durante todo período do experimento, em virtude das péssimas condições da qualidade da água já evidenciada através dos parâmetros físico-químicos, microbiológico, metais e pelo IQA, buscou-se ratificar esta informação e comparar com as demais amostras estudadas, N1 e EF3.

Os embriões referentes ao grupo controle apresentaram uma taxa de mortalidade dentro da que é considerada normal e aquelas pertencentes ao grupo N1 sobreviveram durante todo o experimento. No entanto, observaram-se alterações na pigmentação corporal destes no período de 96 horas pós-fertilização. Na nascente do rio Sangão as únicas alterações observadas foram o aumento do número de bactérias do gênero coliformes e a presença do contaminante farmacêutico cafeína. Estudos relatam a toxicidade da cafeína sobre os embriões de peixe zebra, Yeh e colaboradores (2011) constataram que embriões de peixe zebra expostos a cafeína em doses de 250-300 ppm, apresentaram danos no sistema vascular (angiogênese).

Chen e colaboradores (2008) testaram a exposição de embriões de peixe zebra em doses de cafeína de 100, 200, 300, 400 e 500 ppm. De acordo com os resultados obtidos neste estudo, entre as doses de 200-300 ppm de cafeína observou-se a mortalidade acentuada dos embriões. Isto nos leva a considerar que a concentração de cafeína detectada em nosso estudo esteja abaixo dessa concentração (>200ppm de cafeína), pois nenhuma morte foi constada. Entretanto a alteração de coloração observada pode estar relacionada com sensibilidade a cafeína.

Todos os embriões pertencentes aos grupos EF3, RS4 e RS5 morreram no período de 24 horas pós-fertilização. As amostras de águas superficiais RS4 e RS5 apresentavam parâmetros de qualidade insatisfatórios, tais como pH de 3,0 e 3,7 e concentração de oxigênio dissolvido de 1,08 e 3 mg/L. Apenas estes fatores já podem explicar a mortalidade dos embriões.

De acordo com este ensaio, embora a amostra de água residual EF3 atenda aos padrões físico-químicos de lançamento de efluentes estabelecidos pelo CONAMA 430/2011, demonstra que o mesmo tem potencial de provocar danos, até mesmo letais, aos organismos que possam estar expostos a ele.

6 CONCLUSÃO

Através da metodologia analítica empregada foram detectados 12 contaminantes farmacêuticos distribuídos nas matrizes ambientais analisadas, pertencentes às classes terapêuticas: anti-hipertensivos (3), estimulantes (1), anti-inflamatórios não esteroides (2), antimicrobianos (4), anestésicos (1) e antiarrítmicos (1).

Os resultados obtidos nesta pesquisa permitem a conclusão de que existem inúmeras variáveis para a ocorrência dos contaminantes farmacêuticos nos compartimentos ambientais e estas são influenciadas por diversos fatores, entre eles pode-se citar o perfil do consumo de medicamentos da população, o descarte inadequado, a taxa de excreção humana para estes, eficiência de remoção no tratamento de águas residuais, o tempo em que elas se deterioram na água do rio, sua capacidade de agregação a matrizes sólidas (resultando em retenção em sedimentos), a ocorrência de transformações físico-químicas, entre outros, que podem interferir com a velocidade de percurso em água.

Além disso, outros fatores não inerentes ao fármaco exercem a mesma influência sobre o destino e o transporte de todos os produtos farmacêuticos, tais como as características hidrológicas, fluxo, temperatura da água, quantidade de sólidos em suspensão e o tempo de eliminação.

Embora o perfil de dispensação de medicamentos no município esteja condizente com os contaminantes farmacêuticos encontrados nas amostras analisadas, é importante salientar que a população faz uso de medicamentos adquiridos em farmácias comunitárias, o que reforça a importância da presença e capacitação dos profissionais farmacêuticos em orientar e fidelizar o uso racional e o descarte adequado de medicamentos.

Neste trabalho, fica evidente que as descargas de águas residuais, tratadas ou não, representam a principal via de entrada, e de maneira contínua, destes compostos no ambiente. Como ainda são pouco conhecidos os efeitos indesejáveis que estes podem provocar aos organismos vivos e ao meio ambiente, sugere-se ampliação das redes de coleta e tratamento de esgoto, bem como o estudo para implantação de uma nova tecnologia que seja eficiente para a remoção de contaminantes emergentes, incluindo os farmacêuticos.

Existem inúmeras interações químicas entre as moléculas dos próprios contaminantes e entre elas com o ambiente que ainda não existe uma técnica ideal para concentração dos analitos e, posteriormente para sua detecção. Neste sentido, a técnica de *screening* utilizada nesta pesquisa mostrou-se eficiente para detectar os compostos e fornecer um panorama geral sobre as condições das matrizes ambientais estudadas.

Além dos contaminantes emergentes é importante salientar que mesmo com a diminuição da atividade carbonífera no município de Criciúma, a qualidade das águas superficiais do rio Sangão continua insatisfatória, principalmente em relação aos pontos RS4 e RS5. No entanto, a sua nascente mostrou-se impactada como foi confirmado através dos resultados de parâmetros físico-químicos e do estudo ecotoxicológico.

Vários fatores interligados devem ser levados em consideração no momento de propor estratégias de minimização e remoção de poluentes, tais como a concentração de contaminantes; características e categoria de contaminantes/contaminação; escala e nível de contaminação; recursos disponíveis, entre outros. Deste modo, fica evidente a importância de profissionais multidisciplinares na elaboração de técnicas que visem à remoção e a prevenção da entrada de poluentes em qualquer ambiente.

Este estudo foi o primeiro a constatar a presença de contaminantes farmacêuticos no município de Criciúma e também no Extremo Sul Catarinense. Desta forma pesquisas mais refinadas são necessárias para investigar os impactos sobre a saúde humana e a biota não alvo.

Perspectivas:

- ✓ Propor estratégias de minimização da introdução destes contaminantes farmacêuticos, a fim de sensibilizar e conscientizar os usuários e profissionais quanto ao uso racional e o descarte adequado de medicamentos a fim de garantir a segurança de todos os organismos vivos.

- ✓ Ampliar o quadro de fármacos investigados e determinar quantitativamente a presença dos contaminantes farmacêuticos em matrizes ambientais aquosas e em sedimentos.

- ✓ Avaliar o impacto ecotoxicológico da mistura dos contaminantes em organismos bioindicadores.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, N. J. Diagnóstico ambiental da região carbonífera de Santa Catarina: degradação dos recursos naturais. **Revista Tecnologia e Ambiente**, v. 5, n. 2, p.35-50, 1999.
- AL-KHAZRAJY, O. S. A.; BOXALL, A. Impacts of compound properties and sediment characteristics on the sorption behaviour of pharmaceuticals in aquatic systems. **Journal of Hazardous Materials**, v. 5, p. 198-209, 2016.
- AL-OMAR, M. A. Ciprofloxacin: drug metabolism and pharmacokinetic profile. **Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology**, v. 31,p. 209-214, 2005.
- ALYGIZAKIS, N. A.; GAGO-FERRERO, P.; BOROVA, V. L.; PAVLIDOU, I. H.; THOMAIDIS, N. S. Occurrence and spatial distribution of 158 pharmaceuticals, drugs of abuse and related metabolites in offshore seawater. **Science of the Total Environment**, v. 541, p. 1097-1105, 2016.
- AMARAL, L. A; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O. D.; FERREIRA, F. L. A.; BARROS, L. S. S. Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. **Revista de Saúde Pública**, v. 37, n. 4, p. 510-514, 2003.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22 ed. Washington: APHA, 2012.p. 800.
- AMINOT, Y.; FUSTER, L.; PARDON, P.; MENACH, K. L.; BUDZINSKI, H. Suspended solids moderate the degradation and sorption os waste water-derived pharmaceuticals in estuarine waters. **Science os the Total Enviroment**, v. 612m p. 39-48, 2018.
- ANAAMÉRICO-PINHEIRO, J. H.; ISIQUE, W. D.; TORRES, N. H.; MACHADO, A. A.; de CARVALHO, S. L.; VALÉRIO FILHO, W. V.; FERREIRA, L. F. R. Ocorrência de diclofenaco e naproxeno em água superficial no município de Três Lagoas (MS) e a influência da temperatura da água na detecção desses anti-inflamatórios. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, p. 429-435, 2017.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Geo Brasil Recursos Hídricos**. Brasília, 2007. p. 63. Disponível em : <http://arquivos.ana.gov.br/wfa/sa/GEO%20Brasil%20Recursos%20H%C3%ADricos%20-%20Resumo%20Executivo.pdf> .Acesso em 25 de out 17.
- ANDRADE, L. N. Autodepuração dos corpos d'água.**Revista de biologia**, v.5, p.16-19, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores**. Rio de Janeiro, p. 22. 1987.

AYDIN, E.; TALINLI, I. Analysis, occurrence and fate of commonly used pharmaceuticals and hormones in the Buyukcekmece Watershed, Turkey. **Chemosphere**, v. 90, p. 2004-2012, 2013.

AZUMA, T.; ISHIUCHI, H.; INOYAMA, T.; TERANISHI, Y.; YAMAOKA, M.; SATO, T.; MINO Y. Occurrence and fate selected anticancer, antimicrobial, and psychotropic pharmaceuticals in an urban river in a subcatchment of the Yodo River basin, Japan. **Environmental Science and Pollution Research International**, v. 22-23, . 18676-18686, 2017.

BACK, A.J. **Bacias hidrográficas: classificação e caracterização física (com programa Hidrobacias para cálculos)**. Florianópolis: Epagri, 2014. 162p.

BANDEIRA, A. P. F. **Alocação econômica de recursos naturais no contexto de bacia hidrográfica: aplicação na bacia do Rio Sangão em Santa Catarina**. Senso stricto Rio Grande do Sul, Brasil. Tese, UFRGS, 2010.

BATT, A. L.; KINCAID, T. M.; KOSTICH, M. S.; LAZORCHACK, J. M.; OLSEN, A. R. Evaluating the extent of pharmaceuticals in surface waters of the united states using a national-scale rivers and streams assessment survey. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 35, n. 4, p. 874-881, 2015.

BEAN, T. G.; BERGSTROM, E.; THOMAS-OATES, J.; WOLFF, A.; BARTL, P.; EATON, B.; BOALL, A. Evaluation of a novel approach for reducing emissions of pharmaceuticals to the environment. **Environmental Management**, v. 58, n. 4, p. 707-720, 2016.

BIEL-MAESO, M.; BAENA-NOGUERAS, R. M.; CORADA-FERNÁNDEZ, P. A.; MARTÍN, L. Occurrence, distribution and environmental risk of pharmaceutically active compounds (phacs) in coastal and ocean waters from the gulf of cadiz (sw spain). **Science of the Total Environment**, v. 612, p. 649-659, 2018.

BOXALL, A. B.; RUDD, M. A.; BROOKS, B. W.; CALDWELL, D. J.; CHOI, K.; HICKMANN, S.; INNES, E.; OSTAPYK, K.; STAVELEY, J. P.; VERSLYCKE, T.; ANKLEY, G. T.; BEAZLEY, K. F.; BELANGER, S. E.; BERNINGER, J. P.; CARRIQUIRIBORDE, P.; COORS, A.; DELEO, P. C.; DYER, S. D.; ERICSON, J. F.; GAGNÉ, F.; GIESY, J. P.; GOUIN, T.; HALLSTROM, L.; KARLSSON, M. V.; LARSSON, D. G.; LAZORCHAK, J. M.; MASTROCCO, M.; McLAUGHLIN, U. M.; McMASTER, M. E.; MEYERHOFF, R. D.; MOORE, R.; PARROTT, J. L.; SNAPE, J. R.; MURRAY-SMITH, R.; SERVOS, M. R.; SIBLEY, P. K.; STRAUB, J.O.; SZABO, N. D.; TOPP, E.; TETREAULT, G. R.; TRUDEAU, V. L.; VAN DER KRAAK, L. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: what are the big questions? **Environmental Health Perspectives**, v. 120, n. 9, p. 1221-1229, 2012.

BRANDIT, E. M. F.; de QUEIROZ, F. B.; AFONSO, R. J. C. F.; AQUINO, S.F.; CHERNICHARO, C. A. L. Behaviour of pharmaceuticals and endocrine disrupting chemicals in simplified sewage treatment systems. **Journal of Environmental Management**, v. 128, p. 718-726, 2013.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **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. Brasília, 17.mar.2005.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **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. Brasília, 13.mai.2005.

BRASIL. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (FUNASA). **Manual prático de análise de água.** 3ª ed. rev. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2009. 144 p.

BRIONES, R. M.; SARMAH, A. K.; PADHYE, L. P. A global perspective on the use, occurrence, fate and effects of anti-diabetic drug metformin in natural and engineered ecosystems. **Environmental pollution**, v. 219, p. 1007-1020, 2016.

CAMPANHA, M.B.; AWAN, A. T.; de SOUZA, D. N. R.; GROSSELI, G. M.; MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. A 3-year study on occurrence of emerging contaminants in an urban stream of São Paulo State of Southeast Brazil. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 22, n. 10, p. 7936-7947, 2015.

CASSEMIRO, E.; ROSA, L.; CASTRO NETO, J.L. O passivo ambiental da região carbonífera do sul de Santa Catarina. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis, ABEPRO. p.7.

CAUSANILLES, A.; RUEPERT, C.; IBÁÑEZ, M.; EMKE, E.; HERNÁNDEZ, F.; DE VOOGT, P. Occurrence and fate of illicit drugs and pharmaceuticals in wastewater from two wastewater treatment plants in costa rica. **Science of the Total Environment**, v. 599-600, p. 98-107, 2017.

CHAVES, A. P. L.; HALLAM, J. M.; de SEIXAS, L. M. J. Primary care and environmental issues: unused medicines and health community agente intervention in the South of Brazil. **The Open Public Health Journal**, v. 8, p. 23-29, 2015.

CHEN, Y. H.; HUANG, Y. Y.; WEN, C. C.; WANG, Y. H. ; CHEN, W. L.; CHEN, L. C.; TSAY, H. J. Movement disorder and neuromuscular change in zebrafish embryos after exposure to caffeine. **Neurotoxicology and Teratology**, v. 30, n. 5, p. 440-447, 2008.

CHERNICHARO, C. A. L. Post-treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater. **Reviews in Environmental Science and Bio/Technology**, v. 5, p. 73-92, 2006.

COMITÊ DE GERENCIAMENTO DA HIDROGRÁFICA DO RIO ARARANGUÁ. **Região hidrográfica.** Disponível em: <http://www.aguas.sc.gov.br/a-bacia-rio-ararangua/regiao-hidrografica-rio-ararangua>. Acesso em: 25 de out 2017.

CONCEIÇÃO, F. T.; SARDINHA, D. S.; GODOY, L. H.; FERNANDES, A. M.; PEDRAZZI, F. J. M. Influência sazonal no transporte específico de metais totais e dissolvidos nas águas fluviais da Bacia do Alto Sorocaba (SP). **Geochimica Brasiliensis**, v. 29, n. 1, p. 23-34, 2015.

CONSELHO FEDERAL DE FARMÁCIA. **Farmácias de elite**. Disponível em: <http://www.cff.org.br/noticia.php?id=3879>. Acesso em: 26 de dez 2017.

EBELE, A.J.; ABDALLAH, M. A. E.; HARRAD, S. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment. **Emerging Contaminants**, v. 3, n.1, p.1-16, 2017.

ESTRADA, B.C.; ROSTRO-ALANIS, M.J.; MUÑOZ-GUTIÉRREZ, B.D.; IQBAL, H.M.N.; KANNAN, S.; PARRA-SALDÍVAR, R. Emergent contaminants: endocrine disruptors and their laccase-assisted degradation – A review. **Science of the Total Environment**, v.612, p. 1516-1531, 2018.

EPAGRI-CIRAM, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina. Agroconnect. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br>. Acesso em: 15.nov.2017.

DEGENHARDT, R. ; FALAVINHA, G. Qualidade microbiológica da águas de nascentes e poços da comunidade de barro branco, Capinzal, SC. **Unoesc & Ciência**, v. 5, n. 2, p. 209-216, 2014.

FARRÉ, M.; KANTIANI, L.; PETROVIC, M.; PÉREZ, S.; BARCELÓ, D. Achievements and future trends in the analysis of emerging organic contaminants in environmental samples by mass spectrometry and bioanalytical techniques. **Journal of Chromatography A**, v. 1259, p. 86-99, 2012.

FENT, K.; WESTON, A.A.; CAMINADA, D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. **Aquatic Toxicology**, v. 76, p. 122-159, 2006.

FERNANDES, A. L. T.; NOGUEIRA, M. A. de S.; RABELO, P. V. Escassez e qualidade da água no século 21. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 246, p. 86-101, 2008.

FERNÁNDEZ, V.P.; ROCCA, L.M.; TOMAI, P.; FANALI, S.; GENTILI, A. Recent advancements and future trends in environmental analysis: sample preparation, liquid chromatography and mass spectrometry. **Analytica Chimica Acta**, v. 983, p. 9-41, 2017.

FERREY, M.L.; HAMILTON, M.C.; BACKE, W.J.; ANDERSON, K.E. Pharmaceuticals and other anthropogenic chemicals in atmospheric particulates and precipitation. **Science of the Total Environment**, v. 612, p. 1488-1497, 2018.

FLORENCIO, L.; AISSE, M. M.; BASTOS, R. K. X.; PIVELI, R. P. **Utilização de esgotos sanitários – Marcos conceituais e regulatórios**. In: Tratamento e utilização de esgotos sanitários. Recife:Prosab, 2006. p. 427.

- FRIES, E.; MAHJOUB, O.; MAHJOUB, B.; BERREHOUC, A.; LEÕES, J.; BAHADIR, M. Occurrence of contaminants of emerging concern (CEC) in conventional and non-conventional water resources in Tunisia. **Frenesius Environmental Bulletin**, v. 25, n. 9, p. 3317-3339, 2016.
- GAFFNEY, V. J.; CARDOSO, V. V.; RODRIGUES, A.; FERREIRA, E.; BENOLIEL, M. J.; ALMEIDA, C. M. M. Análise de fármacos em águas por SPE-UPLC-ESI-MS/MS. **Química Nova**, v. 37, n. 1, p. 138-149, 2014.
- GLASSMEYER, S.T.; FURLONG, E.T.; KOLPIN, D.W.; BATT, A.L.; BENSON, R.; BOONE, S.J.; CONERLY, O.; DONOHUE, M.J.; KING, D.N.; KOSTICH, M.S.; MASH, H.E.; PFALLER, S.L.; SCHENCK, K.M.; SIMMONS, J.E.; VARUGHESE, E.A.; VESPER, S.J.; VILLEGAS, E.N.; WILSON, V.S. Nationwide reconnaissance of contaminants of emerging concern in source and treated drinking waters of the united states. **Science of the Total Environment**, v. 581-582, p. 909-922, 2017.
- GODOY, A. A.; KUMMROW, F.; PAMPLIN, P. A. Z. Occurrence, ecotoxicological effects and risk assessment of antihypertensive pharmaceutical residues in the aquatic environment - A review. **Chemosphere**, v. 138, p. 281-291, 2015.
- GÓMEZ, P. C. R.; PÜTTMANN, W. Occurrence and removal of lidocaine, tramadol, venlafaxine, and their metabolites in german wastewater treatment plants. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 19, n. 3, p. 689-699, 2012.
- GROSS-SOROKIN, M.; ROAST, S. D.; BRIGHTY, G. C. Assessment of feminization of male fish in english rivers by the environment agency of england and wales. **Environmental Health Perspectives**, v. 114, n. 1, p. 147-151, 2006.
- HERNÁNDEZ, F.; IBÁÑEZ, M.; BOTERO-COY, A. N.; BADE, R.; BUSTOS-LÓPEZ, M. C.; RINCÓN, J.; MONCAYO, A.; BIJLSMA, L. LC-QTOF MS screening of more than 1,000 licit and illicit drugs and their metabolites in wastewater and surface waters from the area of Bogotá, Colombia. **Analytical and Bioanalytical Chemistry**, v. 407, p. 6405-6416, 2015.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Diretoria de Pesquisas – DPE. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 14.nov.2017.
- IDE, A. H.; OSAWA, R. A.; MARCANTE, L. O.; da COSTA PEREIRA, J.; de AZEVEDO, J. C.R. Occurrence of pharmaceutical products, female sex hormones and caffeine in a subtropical region in Brazil. **Clean soil air water**, v. 45, n. 9, p. 1-10, 2017.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), Dados Meteorológicos. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br>. Acesso em: 15.nov.2017.
- JANK, L.; HOFF, R. B.; DA COSTA, F. J.; PIZZOLATO, T. M. Simultaneous determination of eight antibiotics from distinct classes in surface and wastewater samples by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography–

electrospray ionisation mass spectrometry. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 94, n. 10, p. 1013-1037, 2014.

JEANTON, H.C.; SCHEMBERG, D.; MOHAMMED, N.; HUNEAU, F.; BERTRAND, G.; LAVASTRE, V.; LE COUSTEMER, P. Evaluation of pharmaceuticals in surface water: Reliability of PECs compared to MECs. **Environment International**, v. 73, p. 10-21, 2014.

KAY, P.; HUGHES, S. R.; AULT, J. R.; ASHCROFT, A. E.; BROWN, L. E. Widespread, routine occurrence of pharmaceuticals in sewage effluente combined sewer overflows and receiving waters. **Environmental Pollution**, v. 220, p. 1447-1455, 2016.

KEENAGHAN, J. B.; BOYES, R. N. The tissue distribution, metabolism and excretion of lidocaine in rats, guinea, prgs, dogs and man. **The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics**, v.180, n. 2, p. 454-463, 1972.

K'OREJE, K.O.; VERGEYNST, L.; OMBAKA, DE WISPELAERE P.; OKOTH.; VAN LANGENHOVE, H.; DEMEESTERE, K. Occurrence patterns of pharmceutical residues in wasterwater, surfasse water and groundwater of Nairobi and Kisumu city, Kenya. **Chemosphere**, v. 149, p. 238-244, 2016.

KLATTE, S.; SCHAEFER, H. C.; HEMPEL, M. Pharmaceuticals in the environment – A short review on options to minimize the exposure of humans, animals and ecosystems. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 5, p. 61-66, 2017.

KOBA, O.; GRABICOVA, K.; CERVENY, D.; TUREK, J.; KOLAROVA, J.; RANDAK, T.; ZLABECK, V.; GRABIC, R. Transport of pharmaceuticals and their metabolites between water and sediments as a further potential exposure for aquatic organisms. **Journal of Hazardous Materials**, v. 342, p. 401-407, 2018.

KONG, L.; KADOKAMI, K. WANG, S.; DUONG, H. T.; CHAU, H. T. C. Monitoring of 1300 organic micro-pollutants in surface waters from Tianjin, North China. **Chemosphere**, v. 122, p. 125-130, 2015.

KREBS, A. S. J.; ALEXANDRE, N. J. Recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Araranguá-SC: Disponibilidade e conflitos. Disponível em:< <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/24313/16318>>. Acesso em: 25 de out 2017.

KRISTOFKO, L. A.; BROOKS, B.W. Global scanning of antihistamines in the environment: analysis of occurrence and hazards in aquatic systems. **Science of The Total Environment**, v. 592, p. 577-587, 2017.

LEME. E. J. A. **Manual prático de tratamento de águas residuárias**. São Carlos: EdUFSCar, 2014. p. 599.

LLORCA M.; FARRÉ, M.; ELJARRAT E.; DIAZ-CRUZ, S.; RODRIGUEZ-MONAZ, S.; WUNDERLIN D.; BARCELO, D. Review of emerging contaminants in aquatic biota from Latin America: 2002–2016. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 36, n.7, p. 1716–1727, 2017.

MACHADO, K. C.; GRASSI, M. T.; VIDAL, C.; PESCARA, I. C.; JARDIM, W. F.; FERNANDES, A. N.; SODRÉ, F. F.; ALMEIDA, F. V.; SANTANA, J. S.; CANELA, M. C.; NUNES, C. R. O.; BICHINHO, K. M.; SEVERO, F. Jr. A preliminary nationwide survey of the presence of emerging contaminants in drinking and source waters in Brazil. **Science of The Total Environment**, v. 572, p. 138-146, 2016.

MACHADO, P. J. de O. **Diagnóstico físico ambiental da bacia hidrográfica do córrego São Pedro: um exercício acadêmico da gestão dos recursos hídricos**. Ed. Geographica, Consultoria, Estudos e Projetos Ambientais Ltda, 2010.

MANDARIC, L.; MOR, J. R.; SABATER, S.; PETROVIC, M. Impact of urban chemical pollution on water quality in small, rural and effluent-dominated Mediterranean streams and rivers. **Science of the Total Environment**, v. 613-614, p. 763-772, 2018.

MARTI, E.; VARIATZA, E.; BALCAZAR, J. L. The role of aquatic ecosystems as reservoirs of antibiotic resistance. **Trends in microbiology**, v. 22, n. 1, p. 3641, 2014.

MARTÍNEZ-SALES, M.; GARCIA-XIMÉNEZ, F.; ESPINÓS, F. J. Zebrafish as a possible bioindicator of organic pollutants with effects on reproduction in drinking waters. **Journal of Environmental Sciences (China)**, v. 33, p. 254-260, 2015.

MAZALEUSKAYA, L. L.; SANGKUHL, k.; THORN, C. F.; FITZGERALD, G. A.; ALTMAN, B.; KLEIN, T. E. PharmGKB summary: Pathways of acetaminophen metabolism at the therapeutic versus toxic doses. **Pharmacogenet Genomics**, v. 25, n. 8, p. 416-426, 2015.

MIGOWASKA, N.; CABAN, M.; STEPNOWSKI, P.; KUMIRSKA, J. Simultaneous analysis of non-steroidal anti-inflammatory drugs and estrogenic hormones in water and wastewater samples using gas chromatography–mass spectrometry and gas chromatography with electron capture detection. **Science of the Total Environment**, v. 441, p. 77-88, 2012.

MILIOLI, G.; SANTO, R.; CITADINI-ZANETTE, V. **Mineração de carvão, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no sul de Santa Catarina: uma abordagem interdisciplinar**. 1 ed. Curitiba: Jundiá, 2009. 316p.

MIMEAULT, C.; WOODHOUSE, A. J.; MIAO, X. S.; METCALFE, C. D.; MOON, T. W.; TRUDEAU, V. L. The human lipid regulator, gemfibrozil bioconcentrates and reduces testosterone in the goldfish, *Carassius auratus*. **Aquatic Toxicology**, v. 73, n. 1, p. 44-54, 2005.

MORAIS, M. E.B.; LORANDI, R. **Métodos e técnicas de pesquisa e bacias hidrográficas**. Ilhéus- Ba: Editus, 2016. p. 283.

NASH, J. P.; KIME, D. E.; VEM, L. T. M. V.; WESTER, P. W.; BRION, F.; STAHLSCHEMIDT-ALLNER, P.; TYLER, C.R. Long-term exposure to environmental concentrations of the pharmaceutical ethynylestradiol causes reproductive failure in fish. **Environmental Health Perspectives**, v. 112, n. 17, p. 1725-1733, 2005.

NORMAN (Network of reference laboratories, research centres and related organisations for monitoring of emerging environmental substances). Emerging substances. Disponível em: www.norman-network.net/. Acesso em: 15.dez.2017.

OECD. **FET - Fish Embryo Acute Toxicity: test n° 236**, p. 22. 2013.

PAIGA, P.; SANTOS, L. H.; RAMOS, S.; JORGE, S.; SILVA, J. G.; DELERUE-MATOS, C. Presence of pharmaceuticals in the Lis river (Portugal): Sources, fate and seasonal variation. **Science of the Total Environment**, v. 15, n. 573, p. 164-177, 2016.

PELTZER, P. M.; LAJMANOVICH, R. C.; ATTADAMO, A. M.; JUNGES, C. M.; TEGLIA, C. M.; MARTINUZZI, C.; CURI, L.; CULZONI, M. J.; GOICOECHEA, H. C. Ecotoxicity of veterinary enrofloxacin and ciprofloxacin antibiotics on anuran amphibian larvae. **Pharmacology**, v. 51, p. 114-123, 2017.

PEREIRA, C. D. S.; MARANHO, L. A. CORTEZ, F. S.; PUSCEDDU, F. H.; SANTOS, A. R.; RIBEIRO, D. A.; CÉSAR, A.; GUIMARÃES, L. L. Occurrence of pharmaceuticals and cocaine in a brazilian coastal zone. **Science of The Total Environment**, v. 548-549, n. 1, p.148-154, 2016.

PHILIP, J.M.; ARAVIND, U.K.; ARAVINADAKAUMAR, C.T. Emerging contaminants in indian environmental matrices – a review. **Chemosphere**, v. 190, p. 307-326, 2018.

PUCKOWSKI, A.; MIODUSZEWSKA K.; LUKASZEWICZ, P.; BORECKA, M.; CABAN, MASZKOWASKA J.; STEPNOWSKI P. Bioaccumulation and analytics of pharmaceutical residues in the environment: A review. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 127, p. 232-255, 2016.

QUADRA, G. R.; de SOUZA, H. O.; COSTA, DOS S. R.; FERNANDEZ, M. A. DOS S. Do pharmaceuticals reach and affect the aquatic ecosystems in brazil? a critical review of current studies in a developing country. **Environmental Science and Pollution Research**, v.24, n. 2, p. 1200-1218, 2017.

REMUME. Relação Municipal de Medicamentos Essenciais. Relação de Medicamentos Essenciais do Município de Criciúma. Disponível em: http://www.criciuma.sc.gov.br/pmc/upload/ckfinder/files/REMUME%202016%20Atualizada%2020_04_17%20BS%20PDF.pdf. Acesso em: 22.dez.2017.

RENAME. Relação Nacional de Medicamentos Essenciais. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relacao_nacional_medicamentos_rename_2017.pdf

- RICHARDSON, S.D.; KIMURA, S.Y. Emerging environmental contaminants: Challenges facing our next generation and potential engineering solutions. **Environmental Technology & Innovation**, v. 8, p. 40–56, 2017.
- RODRIGUES, L. S.; da SILVA, I. J.; ZOCRATO, M. C. de O.; PAPA, D. N.; SPERLING, M. V.; de OLIVEIRA, P. R. Avaliação de desempenho de reator UASB no tratamento de águas residuárias de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 94-100, 2010.
- SABESP. COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Norma Técnica Interna: 013 – sólidos**. São Paulo, p. 12. 1999.
- SANTOS, E. P. P.; VEIGA, W. A.; GONÇALVES, M. R. S.; THOMÉ, M. P. M. Coliformes Totais e Termotolerantes em água de nascentes utilizadas para o consumo humano na zona rural do município de Varre-Sai, RJ. **Scientia Plena**, v. 11, n. 5, p. 1-6, 2015.
- SCHEURER, M.; MICHEL, A.; BRAUCH, H. J.; RUCK, W.; SACHER, F. Occurrence and fate of the antidiabetic drug metformin and its metabolite guanylrua in the invironment and during drinking water treatment. **Water Research**, v. 46, n. 15, p. 4790-4802, 2012.
- SILVA, C. G. A.; COLLINS, C. H. Aplicações de cromatografia líquida de alta eficiência para o estudo de poluentes emergentes. **Química Nova**, v. 34, n.4, p. 665-676, 2011.
- SOUZA, D. N. R. **Ocorrência e distribuição de contaminantes emergentes na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá – São Paulo**. Sensus Stricto, São Paulo, Brasil. Tese, UFSCar, 2015.
- SUI, Q.; HUANG, J.; DENG, S.; YU, G.; FAN, Q. Occurrence and removal of pharmaceuticals caffeine and DEET in wastewater treatment plants of Beijing, China. **Water Research**, v. 44, n. 2, p. 417-426, 2010.
- SUN, Q.; LI, Y.; LI, M.; ASHFAQ, M.; LV, M.; WANG, H.; HU, A.; YU, C.P. PPCPs in Jiulong River stuary (China): Spatiotemporal distributions, fate, and their use as chemical markers of wastewater. **Chemosphere**, v. 150, p. 596-604, 2016.
- SZABÓ, R. K.; MEGYERI, C.; ILLÉS, E.; GAJDA-SCHRANTZ, K., MAZELLIER, .; DOMBI, A. Phototransformation of ibuprofen and ketoprofen in aqueous solutions. **Chemosphere**, v. 84, n. 11, p. 1658-1663, 2011.
- TIJANI, J.O.; FATOBA, O.O.; BABAJIDE, O.O.; PETRIK, L. F. Pharmaceuticals, endocrine disruptors, personal care products, nanomaterials and perfluorinated pollutants: A review. **Environmental Chemistry Letters**, v. 14, n. 1, p. 27-49, 2016.
- TUCCI, C.E.M. **Água no meio urbano**. In: *Água doce*, cap. 14. Porto Alegre, Editora da universidade. 1997, p. 3-25.

TUCCI, C.E.M. Águas urbanas. **Estudos avançados**. v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008.

TUNDISI, J.G. **Recursos hídricos no Brasil problemas, desafios e estratégias para o futuro**. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 2014. 90p.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
Disponível em:< <http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002471/247153e.pdf>>. Acesso em: 25 out 2017.

USEPA. United State Environmental Protection Agency. Contaminants of emerging concern. Disponível em:. Acesso em: 15/10/2017.

USGS. United State Geological Survey. Emerging contaminants in the environment. Disponível em: . Acesso em: 15/10/2017.

VALCÁRCEL, Y.; ALONSO, S. G.; RODRIGUEZ-GIL, J. L.; MAROTO, R. R.; GIL, U.; CATALÁ, M. Analysis of the presence of cardiovascular and analgesic/anti-inflammatory/ antipyretic pharmaceuticals in river-and drinking- water of the Madrid Region in Spain. **Chemosphere**, v. 82, p. 1062-1071, 2011.

VALDES, M.E.; HUERTA, B.; WUNDERLIN, D.A.; BISTONI, M.A.; BARCELÓ, D.; RODRIGUEZ-MOZAZ, S. Bioaccumulation and bioconcentration of carbamazepine and other pharmaceuticals in fish under field and controlled laboratory experiments. Evidences of carbamazepine metabolism by fish. **Science of the Total Environment**, v. 557-558, p. 58-67, 2016.

VELLINGA, A.; CORMICAN, S.; DRISCOLL, J.; FUREY, M.; O'SULLIVAN, M.; CORMICAN, M. Public practice regarding disposal of unused medicines in Ireland. **Science of The Total Environment**, v. 478, p. 98-102, 2014.

VERNOUILLET, G.; EULLAFFROY, P.; LAJEUNESSE, A.; BLAISE, C.; GAGNÉ, F.; JUNEAU, P. Toxic effects and bioaccumulation of carbamazepine evaluated by biomarkers measured in organisms of different trophic levels. **Chemosphere**, v. 80, n. 9, p.1062-1068, 2010.

WANG, J.; HE, B.; YAN, D.; HU, X. Implementing ecopharmacovigilance (epv) from a pharmacy perspective: a focus on non-steroidal anti-inflammatory drugs. **Science of the Total Environment**, v. 603-604, 2017.

WEILER, J.; AMARAL FILHO, J. R.; SCHNEIDER, I. A. H. Processamento de rejeito de carvão visando a redução de custos no tratamento de drenagem ácida de minas – estudo de caso na Região Carbonífera de Santa Catarina. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 2, p.337-345, 2016.

WHEN, Z. H.; CHEN, L.; MENG, X. Z.; DUAN, Y. P.; ZHANG, Z. S.; ZENG, E. Y. Occurrence and human health risk of wastewater-derived pharmaceuticals in a drinking water source for Shanghai, East China. **Science of The Total Environment**, v. 15, n. 490, p. 987-993, 2014.

WILLE, K.; DE BRABANDER, H.F.; VANHAECKE, L.; DE WULF, E.; CAETER, P.V.; JANSSEN, C.R. Coupled chromatographic and mass-spectrometric techniques for the analysis of emerging pollutants in the aquatic environment. **Trac Trends in Analytical Chemistry**, v. 35, p.87-108, 2012.

YANG, Y.; OK, S.Y.; KIM, K.H.; KWON, E.E.; TSANG, Y.F. Occurrences and removal of pharmaceuticals And personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review. **Science of the Total Environment**, v, 596-597, p. 303-320, 2017.

YEH, C. H.; LIAO, Y. F.; CHANG, C.Y.; TSAI, J.N.; WANG, Y. H.; CHENG, C. C.; WEN, C. C.; CHEN, Y, H. Caffeine treatment disturbs the angiogenesis of zebrafish embryos. **Drug and Chemical Toxicology**, v. 35, n. 4, p. 361-365, 2011.

ZHOU, J.; BROODBANK, N. Sediment-water interactions of pharmaceutical residues in the river environment. **Water Research**, v. 1, n. 48, p. 61-70, 2014.

APÊNDICE(S)

APÊNDICE A – RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DE ESGOTO E EFLUENTE FORNECIDOS PELA CASAN:

P.F.Q	Esgoto	Efluente
pH	7,33	7,45
T. (°C)	24,5	22,6
O.D. (mg/L)	-	6,2
DBO (mg/L)	521	8,6
DQO (mg/L)	1044	70
N.T. (mg/L)	64	45
S.T. (mg/L)	957	403
S.S.T. (mg/L)	498	30
S.D. (mg/L)	459	373

APÊNDICE B – RESULTADOS DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DETERMINADOS NO LABORATÓRIO DE QUÍMICA DA UNESC EM DUPLICATA

P. F.Q.	Amostras					
	N1		RS4		RS5	
pH	7	8	3	3	3,5	3,9
T. (°C)	18	18	20	18	19	19
T. (NTU)	45,3	44,2	8,52	9,35	17	18
O.D. (mg/L)	9,4	9,64	1,05	1,11	1,7	1,3
S.T. (mg/L)	38	34	720	644	58 0	412
S.S.T. (mg/L)	13	11	133	127	48	43
S.D. (mg/L)	24		552		450,5	

APÊNDICE C- LISTA DOS MEDICAMENTOS PADRONIZADOS PARA A ANÁLISE DOS CONTAMINANTES FARMACÊUTICOS EM AMOSTRAS AMBIENTAIS

Medicamento	Classe terapêutica
Ácido mefenâmico	AINE
Ácido nalidíxico	ATM
Ácido oxolínico	ATM

Ácido tolfenâmico	AINE
Acebutolol	ATA/ATP
Acepromazine	AINE
Amoxicilina	ATM
Amprolium	Antiparasitário
Anlodipino	AHP
Atenolol	AHP
Azaperol	Neuroléptico
Azitromicina	AINE
Bacitracina	ATM
Betametasona	AIE
Betaxolol	AHP
Bisoprolol	AHP
Bromexina	Expectorante
Cafeína	EST
Captopril	AHP
Carazolol	AHP
Carprofen	AINE
Carvedilol	AHP
Cefalexina	ATM
Cefalônio	ATM
Cefaripina	ATM
Cefaquinoma	ATM
Cefoperazona	ATM
Ceftiofur	ATM
Cetoprofeno	AINE
Ciprofloxacino	ATM
Clindamicina	ATM
Clopidol	ATM
Clorpromazina	Antipsicótico
Clortetraciclina	ATM
Cloxacilina	ATM
Danofloxacino	ATM
Decoquinato	ATM
Dexametasona	AIE
Diaveridina	ATM
Diclazuril	ATM
Diclofenaco	AINE
Dicloxacilina	ATM
Difloxacino	ATM
Dipirona	AINE
Doxitetraciclina	ATM
Enrofloxacino	ATM
Eritromicina	ATM
Espiramicina	ATM
Fenilbutazona	AINE
Florfenicol amina	ATM
Flumequina	ATM
Flumixina	AINE

Hidroclorotiazida	Diurético
Indometacina	AINE
Labetalol	AHP
Lasalocid sodium	ATM
Lidocaína	ANES
Lincomicina	ATM
Maduramicina	ATM
Meloxicam	AINE
Metropolol	AHP
Miconazol	Antifúngico
Monensina sódica	Suporte nutricional veterinário
Nadolol	AHP
Nafcilina	ATM
Naproxeno	AINE
Narasina	Suporte nutricional veterinário
Nebivolol	AHP
Nimesulida	AINE
Norfloxacino	ATM
Oxacilina	ATM
Oxitetraciclina	ATM
Paracetamol	AINE
Penbutolol	AHP
Penicilina G	ATM
Penicilina V	ATM
Pindolol	AHP
Piroxicam	AINE
Prednisolona	AIE
Prednisona	AIE
Propifenazona	AINE
Propranolol	AHP
Robenidina	ATM
Salinomicina	Suporte nutricional veterinário
Sarafloxacino	ATM
Semduramicina	ATM
Sotalol	ATA
Sulfaclorpiridazina	ATM
Sulfadiazina	ATM
Sulfadimetoxina	ATM
Sulfamerazina	ATM
Sulfametazina	ATM
Sulfametoxazol	ATM
Sulfaquinoxalina	ATM
Sulfatiazol	ATM
Tetraciclina	ATM
Tilmicosina	ATM
Tilosina	ATM

Toltrazuril	ATM
Trimetropima	ATM

Legenda: AINE (anti-inflamatório não esteroide),
ATM (antimicrobiano), ATA (antiarrítmico),
AHP (anti-hipertensivo), AIE (anti-inflamatório esteroide),
ANES (anestésico),

ANEXO(S)

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO DA COMISSÃO DE ÉTICA EM USO DE ANIMAIS



Universidade do Extremo Sul Catarinense
Comissão de Ética no Uso de Animais



CERTIFICADO

Certificamos que o projeto abaixo especificado, que envolve a produção, manutenção ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto humanos), para fins de pesquisa científica (ou ensino) - encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA), e foi **APROVADO** pela Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UNESC, em reunião de **05/09/2017**.

Título do projeto	AVALIAÇÃO DO PERFIL DE TOXICIDADE DA ÁGUA DO EFLUENTE DESTINADO AO RIO SANGÃO EM EMBRIÕES DE PEIXE-ZEBRA.
Project title	EVALUATION OF WATER TOXICITY PROFILE OF EFFLUENT OF SANGÃO RIVER IN FISH-ZEBRA EMBRYOS.
Número do protocolo Protocol number	081/2017-1 – Versão 03
Pesquisador principal Principal Investigator	Eduardo Pacheco Rico
Pesquisadores Researchers	Michele Daros Freitas, Monique Rezende Daros, Samira Leila Baldin

Finalidade	() Ensino (X) Pesquisa Científica	
Vigência da autorização	20/09/2017 a 20/12/2017	
Espécie/linhagem/raça	Peixe embriões <i>Danio rerio</i> (<i>short-fin</i>)	Peixes adultos como matriz <i>Danio rerio</i> (<i>short-fin</i>)
Nº de animais	100	10
Idade/Peso	0-96 hpf / 0,005g	4 meses / 0,650g
Gênero	Mas (50) e Fem (50)	Mas (5) e Fem (5)
Origem	Biotério UNESC	

The Ethics Committee on Animal Use on Research, sanctioned by the resolution number 03/2017/Câmara Propex, in accordance with federal law number 11.794/08, has analyzed the Project that was **Approved** in its ethical and methodological aspects. Any alteration of the original version of this project must be previously submitted to the Committee for further analyzes.

May you have further questions, please contact us by e-mail ceua@unesc.net.

Criciúma, 05 de setembro de 2017.


Jairo José Zocche
 Coordenador da CEUA

ANEXO B – RESULTADOS DAS ANÁLISES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS E DE METAIS DE ÁGUAS SUPERFICIAIS REALIZADOS PELO IPAT

Relatório dos ensaios realizados com a amostra N1(1)



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO N° 141059/2017				
DADOS DO CLIENTE				
Cliente: Patrícia de Aguiar Amaral (30397)		Cidade: Criciúma		Orçamento de Análises n° 16482
Endereço: Av. Universitária, 1105 -, Universitário		Cidade: Criciúma		CEP: 88806-000
Fone: (048) 3045-7536		Interessado: Cliente		Campanha:
Projeto/contrato: **				
DADOS DA AMOSTRAGEM				
Data de coleta: 31/07/2017 10:00	Data de Entrada no Laboratório: 31/07/2017 13:00	Início das Análises: 31/07/2017 17:01		
Descrição da amostra: Água Superficial		N° Recebimento: 6845		
Ponto de coleta: Nascente rio Sangão		N° amostra IPARQUE: 141059		
Aspecto da amostra: om coloração levemente marrom e com sólidos em suspensão e odor		Coord. Geográficas: UTM 4926'12" 4937'33"		
Periodicidade: **		Temperatura do ar (°C): 24,00		
Tipo de amostragem: SIMPLES **		Chuva nas últimas 24 hrs ? Não		
Temperatura da amostra (°C): 18,0				
Condições climáticas: Tempo ensolarado				
Coletor: Interessado				
Observações de campo: **				
RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS				
Metais				
Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Fósforo Total	mg/L	0,01	0,02	Obs(1)
Fosfato	mg/L	0,3	< 0,30	NC
Ferro Total	mg/L	0,05	2,32	Obs(2)
Manganês	mg/L	0,01	0,55	0,1
Zinco	mg/L	0,01	< 0,01	0,18
Físico-Químicas				
Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
DBO	mg/L	1	4	5
DQO	mg/L	20	< 20	NC
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,1	< 0,1	10,0
Nitrogênio Nitrito	mg/L	0,1	< 0,1	1,0
Nitrogênio Total (Kjeldahl)	mg/L	0,1	2,3	NC
Potencial Redox	mV	(-1.999 a +1.999)	250	NC
Sulfatos	mg/L	5,0	7	250
Microbiológicas				
Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP(1)
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1,8 x 10 ⁰	> 1,6x 10 ⁴	NC
Observações:				
VMP(1) : Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005 do CONAMA (Classe 2 - Águas Doces)				
LQ : Limite de quantificação				
NC : Parâmetro não contemplado para esta legislação.				
Obs(1) : O valor máximo permitido para fósforo total é de 0,030 mg/L para ambiente lótico; 0,050 mg/L para ambiente intermediário e 0,1 mg/L para ambiente léntico.				
Obs(2) : A Resolução nº 357 do CONAMA, para águas de e classe II, contempla somente Ferro dissolvido com VMP de 0,3 mg/L.				
Metodologia				
Metais: SMEIWW - Method 3120 B (ICP-OES)				
Metais: SMEIWW - Method 3120 B (ICP - OES)				
DBO: SMEIWW - Method 5210 B				
DQO: SMEIWW - Method 5220 D / EPA 410.4				
Nitrogênio Nitrato: EPA 300.1 / SMEIWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)				
Nitrogênio Nitrito: EPA 300.1 / SMEIWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)				
Nitrogênio Total (Kjeldahl): SMEIWW - 4500-Norg B				
Potencial Redox: SMEIWW - Method 2550 B (Potenciométrico)				
Sulfatos: EPA 300.1 / SMEIWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)				
NMP de coliformes termotolerantes: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 5221 B e E. 22nd ed. 2012				
Notas:				
Os resultados apresentados no presente Relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.				
Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.				



Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141059/2017

Revisores:

Miriam Fabíola Colombo - LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA (em 31/08/2017 08:24).

Lucas Feliciano Rezende - LABORATÓRIO DE ÁGUAS E EFLUENTES INDUSTRIAIS (em 30/08/2017 17:22).

Criciúma, 31 de agosto de 2017

Mª Glória S. Santos
Coordenação Laboratórios
CRQ XIII - nº 13300056

Relatório dos ensaios realizados com a amostra N1(2)



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141060/2017

DADOS DO CLIENTE

Cliente: Patrícia de Aguiar Amaral (30397) Orçamento de Análises nº 16482
Endereço: Av. Universitária, 1105 -, Universitário Cidade: Criciúma CEP: 88806-000
Fone: (048) 3045-7536 Campanha:
Interessado: Cliente
Projeto/contrato: **

DADOS DA AMOSTRAGEM

Data de coleta: 31/07/2017 10:00 Data de Entrada no Laboratório: 31/07/2017 13:00 Início das Análises: 31/07/2017 17:04
Descrição da amostra: Água Superficial Nº Recebimento: 6845
Ponto de coleta: Nascente rio Sangão (duplicata)
Aspecto da amostra: om coloração levemente marrom e com sólidos em suspensão e odor Nº amostra IPARQUE: 141060
Periodicidade: ** Coord. Geográficas: UTM 49°12'12" 28°37'33"
Tipo de amostragem: SIMPLES **
Temperatura da amostra (°C): 18,0 Temperatura do ar (°C): 24,00
Condições climáticas: Tempo ensolarado Chuva nas últimas 24 hrs ? Não
Coletor: Patrick Mandelli E Denner Tinelli - Iparque/unesc
Observações de campo: **

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Metais

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Fósforo Total	mg/L	0,01	0,02	Obs(1)
Fosfato	mg/L	0,3	< 0,30	NC
Ferro Total	mg/L	0,05	1,79	Obs(2)
Manganês	mg/L	0,01	0,56	0,1
Zinco	mg/L	0,01	< 0,01	0,18

Físico-Químicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
DBO	mg/L	1	2	5
DQO	mg/L	20	< 20	NC
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,1	0,1	10,0
Nitrogênio Nitrito	mg/L	0,1	< 0,1	1,0
Nitrogênio Total (Kjeldahl)	mg/L	0,1	1,3	NC
Potencial Redox	mV	(-1.999 a +1.999)	260	NC
Sulfatos	mg/L	5,0	6	250

Microbiológicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP(1)
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1,8 x 10 ⁰	2,8 x 10 ³	NC

Observações:

VMP(1): Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005 do CONAMA (Classe 2 - Águas Doces)

LQ: Limite de quantificação

NC: Parâmetro não contemplado para esta legislação.

Obs(1): O valor máximo permitido para fósforo total é de 0,030 mg/L para ambiente lêntico; 0,050 mg/L para ambiente intermediário e 0,1 mg/L para ambiente lótico.

Obs(2): A Resolução nº 357 do CONAMA, para águas de classe II, contempla somente Ferro dissolvido com VMP de 0,3 mg/L.

Metodologia

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP-OES)

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP-OES)

DBO: SMEWW - Method 5210 B

DQO: SMEWW - Method 5220 D / EPA 410.4

Nitrogênio Nitrato: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Nitrito: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Total (Kjeldahl): SMEWW - 4500-Norg B

Potencial Redox: SMEWW - Method 2550 B (Potenciométrico)

Sulfatos: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

NMP de coliformes termotolerantes: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 521 B e E. 22nd ed. 2012

Notas:

Os resultados apresentados no presente Relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.

Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141060/2017

Revisores:

Miriam Fabíola Colombo - LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA (em 31/08/2017 08:25).

Lucas Feliciano Rezende - LABORATÓRIO DE ÁGUAS E EFLUENTES INDUSTRIAIS (em 30/08/2017 17:23).

Criciúma, 31 de agosto de 2017

Mª Glória S. Santos
Coordenação Laboratórios
CRQ XIII - nº 1330056

Relatório dos ensaios realizados com a amostra RS4(1)



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO N° 141056/2017

DADOS DO CLIENTE

Cliente: Patrícia de Aguiar Amaral (30397) Orçamento de Análises n° 16482
Endereço: Av. Universitária, 1105 -, Universitário Cidade: Criciúma CEP: 88806-000
Fone: (048) 3045-7536
Interessado: Cliente Campanha:
Projeto/contrato: **

DADOS DA AMOSTRAGEM

Data de coleta: 31/07/2017 10:15 Data de Entrada no Laboratório: 31/07/2017 13:00 Início das Análises: 31/07/2017 10:15
Descrição da amostra: Água de rio N° Recebimento: 6845
Ponto de coleta: RS - 04 (duplicata)
Aspecto da amostra: om coloração levemente marrom, sem material em suspensão e sem odor N° amostra IPARQUE: 141056
Periodicidade: ** Coord. Geográficas: UTM 28°42'704" 49°42'171"
Tipo de amostragem: SIMPLES **
Temperatura da amostra (°C): 18,1 Temperatura do ar (°C): 22,90
Condições climáticas: Tempo ensolarado Chuva nas últimas 24 hrs ? Não
Coletor: Patrick Mandelli E Denner Tinelli - Iparque/unesc
Observações de campo: Ponto de coleta com foto

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Metais

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Fósforo Total	mg/L	0,01	0,13	Obs(1)
Fosfato	mg/L	0,3	0,39	NC
Ferro Total	mg/L	0,05	50,56	Obs(2)
Manganês	mg/L	0,01	1,62	0,1
Zinco	mg/L	0,01	0,33	0,18

Físico-Químicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
DBO	mg/L	1	6	5
DQO	mg/L	20	39	NC
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,1	0,1	10,0
Nitrogênio Nitrito	mg/L	0,1	< 0,1	1,0
Nitrogênio Total (Kjeldahl)	mg/L	0,1	7,1	NC
Sulfatos	mg/L	5,0	772	250

Análises de Campo

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Potencial Redox	mV	(-1.999 a +1.999)	444	NC

Microbiológicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP(1)
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	$1,8 \times 10^0$	$< 1,8 \times 10^0$	NC

Observações:

VMP(1): Resolução n° 357, de 17 de Março de 2005 do CONAMA (Classe 2 - Águas Doces)

LQ: Limite de quantificação

NC: Parâmetro não contemplado para esta legislação.

Obs(1): O valor máximo permitido para fósforo total é de 0,030 mg/L para ambiente lótico; 0,050 mg/L para ambiente intermediário e 0,1 mg/L para ambiente lótico.

Obs(2): A Resolução n° 357 do CONAMA, para águas de classe II, contempla somente Ferro dissolvido com VMP de 0,3 mg/L.

Metodologia

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP-OES)

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP - OES)

DBO: SMEWW - Method 5210 B

DQO: SMEWW - Method 5220 D / EPA 410.4

Nitrogênio Nitrato: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Nitrito: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Total (Kjeldahl): SMEWW - 4500-Norg B

Sulfatos: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Potencial Redox: SMEWW - Method 2500 B (Potenciométrico)

NMP de coliformes termotolerantes: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 8221 B e E. 22nd ed. 2012



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141056/2017

Notas:

Os resultados apresentados no presente Relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.
Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Revisores:

Miriam Fabíola Colombo - LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA (em 31/08/2017 08:23).
Lucas Feliciano Rezende - LABORATÓRIO DE ÁGUAS E EFLUENTES INDUSTRIAIS (em 30/08/2017 17:15).

Figura: Ponto de coleta.



Criciúma, 31 de agosto de 2017

Mª Glória S. Santos
Coordenação Laboratórios
CRQ XIII - nº 13300056

Relatório dos ensaios realizados com a amostra RS4(2)



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141055/2017

DADOS DO CLIENTE

Cliente: Patrícia de Aguiar Amaral (30397) Orçamento de Análises nº 16482
Endereço: Av. Universitária, 1105 -, Universitário Cidade: Criciúma CEP:88806-000
Fone: (048) 3045-7536 Interessado: Cliente Campanha:
Projeto/contrato: **

DADOS DA AMOSTRAGEM

Data de coleta: 31/07/2017 10:20 Data de Entrada no Laboratório: 31/07/2017 13:00 Início das Análises: 31/07/2017 10:20
Descrição da amostra: Água de rio Nº Recebimento: 6845
Ponto de coleta: RS - 04 Aspecto da amostra: om coloração levemente marrom, com material em suspensão e sem odor Nº amostra IPARQUE: 141055
Periodicidade: ** Coord. Geográficas: UTM 2842704* 4925171"
Tipo de amostragem: SIMPLES **
Temperatura da amostra (°C): 18,1 Temperatura do ar (°C): 22,90
Condições climáticas: Tempo ensolarado Chuva nas últimas 24 hrs ? Não
Coletor: Patrick Mandelli E Denner Tinelli - Iparque/unesc
Observações de campo: Ponto de coleta com foto

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Metais

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Fósforo Total	mg/L	0,01	0,14	Obs(1)
Fosfato	mg/L	0,3	0,42	NC
Ferro Total	mg/L	0,05	62,92	Obs(2)
Manganês	mg/L	0,01	1,65	0,1
Zinco	mg/L	0,01	0,37	0,18

Físico-Químicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
DBO	mg/L	1	9	5
DQO	mg/L	20	35	NC
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,1	0,1	10,0
Nitrogênio Nitrito	mg/L	0,1	< 0,1	1,0
Nitrogênio Total (Kjeldahl)	mg/L	0,1	6,9	NC
Sulfatos	mg/L	5,0	761	250

Análises de Campo

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Potencial Redox	mV	(-1.999 a +1.999)	448	NC

Microbiológicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP(1)
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1,8 x 10 ⁰	7,8 x 10 ⁰	NC

Observações:

VMP(1) : Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005 do CONAMA (Classe 2 - Águas Doces)

LQ : Limite de quantificação

NC : Parâmetro não contemplado para esta legislação.

Obs(1) : O valor máximo permitido para fósforo total é de 0,030 mg/L para ambiente lêntico; 0,050 mg/L para ambiente intermediário e 0,1 mg/L para ambiente lótico.

Obs(2) : A Resolução nº 357 do CONAMA, para águas de classe II, contempla somente Ferro dissolvido com VMP de 0,3 mg/L.

Metodologia

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP-OES)

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP - OES)

DBO: SMEWW - Method 5210 B

DQO: SMEWW - Method 5220 D / EPA 410.4

Nitrogênio Nitrato: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Nitrito: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Total (Kjeldahl) : SMEWW - 4500-Norg B

Sulfatos: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Potencial Redox: SMEWW - Method 2530 B (Potenciométrico)

NMP de coliformes termotolerantes: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 5221 B e E. 22nd ed. 2012



UNIVERSIDADE DO LITORAL SUL CATARINENSE - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141055/2017

Notas:

Os resultados apresentados no presente Relatório se aplicam somente a amostra ensaiada.
Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Revisores:

Miriam Fabíola Colombo - LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA (em 31/08/2017 08:23).
Lucas Feliciano Rezende - LABORATÓRIO DE ÁGUAS E EFLUENTES INDUSTRIAIS (em 30/08/2017 17:15).

Figura: Ponto de coleta.



Criciúma, 31 de agosto de 2017

Mª Glória S. Santos
Coordenação Laboratórios
CRQ XIII - nº 13300056

Relatório dos ensaios realizados com a amostra RS5(1)



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141058/2017

DADOS DO CLIENTE

Cliente: Patrícia de Aguiar Amaral (30397) Orçamento de Análises nº 16482
Endereço: Av: Universitária, 1105 -, Universitário Cidade: Criciúma CEP: 88806-000
Fone: (048) 3045-7536
Interessado: Cliente Campanha:
Projeto/contrato: **

DADOS DA AMOSTRAGEM

Data de coleta: 31/07/2017 11:08 Data de Entrada no Laboratório: 31/07/2017 13:00 Início das Análises: 31/07/2017 11:08
Descrição da amostra: Água de rio Nº Recebimento: 6845
Ponto de coleta: RS - 05 (duplicata)
Aspecto da amostra: om coloração levemente marrom, sem material em suspensão e sem odor Nº amostra IPARQUE: 141058
Periodicidade: ** Coord. Geográficas: UTM 2842739° 4925283°
Tipo de amostragem: SIMPLES **
Temperatura da amostra (°C): 18,3 Temperatura do ar (°C): 23,80
Condições climáticas: Tempo ensolarado Chuva nas últimas 24 hrs ? Não
Coletor: Patrick Mandelli E Denner Tinelli - Iparque/unesc
Observações de campo: Ponto de coleta com foto

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Metais

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Fósforo Total	mg/L	0,01	0,23	Obs(1)
Fosfato	mg/L	0,3	0,70	NC
Ferro Total	mg/L	0,05	49,74	Obs(2)
Manganês	mg/L	0,01	1,15	0,1
Zinco	mg/L	0,01	0,21	0,18

Físico-Químicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
DBO	mg/L	1	2	5
DQO	mg/L	20	31	NC
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,1	0,2	10,0
Nitrogênio Nitrito	mg/L	0,1	< 0,1	1,0
Nitrogênio Total (Kjeldahl)	mg/L	0,1	14,8	NC
Sulfatos	mg/L	5,0	692	250

Análises de Campo

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Potencial Redox	mV	(-1.999 a +1.999)	387	NC

Microbiológicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP(1)
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1,8 x 10 ⁰	5,4 x 10 ³	NC

Observações:

VMP(1) : Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005 do CONAMA (Classe 2 - Águas Doces)

LQ : Limite de quantificação

NC : Parâmetro não contemplado para esta legislação.

Obs(1) : O valor máximo permitido para fósforo total é de 0,030 mg/L para ambiente lótico; 0,050 mg/L para ambiente intermediário e 0,1 mg/L para ambiente lótico.

Obs(2) : A Resolução nº 357 do CONAMA, para águas de e classe II, contempla somente Ferro dissolvido com VMP de 0,3 mg/L.

Metodologia

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP-OES)

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP - OES)

DBO: SMEWW - Method 5210 B

DQO: SMEWW - Method 5220 D / EPA 410.4

Nitrogênio Nitrato: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Nitrito: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Total (Kjeldahl) : SMEWW - 4500-Norg B

Sulfatos: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Potencial Redox: SMEWW - Method 2550 B (Potenciômetro)

NMP de coliformes termotolerantes: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater: 9221 B e E. 22nd ed. 2012



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141058/2017

Notas:

Os resultados apresentados no presente Relatório se aplicam somente a amostra ensaiada.
Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Revisores:

Miriam Fabíola Colombo - LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA (em 06/09/2017 11:44).

Lucas Feliciano Rezende - LABORATÓRIO DE ÁGUAS E EFLUENTES INDUSTRIAIS (em 06/09/2017 09:57).

Figura: Ponto de coleta.



Criciúma, 06 de setembro de 2017

Mª Glória S. Santos
Coordenação Laboratórios
CRQ. XIII - nº 13300056

Relatório dos ensaios realizados com a amostra RS5(2)



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141057/2017

DADOS DO CLIENTE

Cliente: Patrícia de Aguiar Amaral (30397) Orçamento de Análises nº 16482
Endereço: Av. Universitária, 1105 -, Universitário Cidade: Criciúma CEP: 88806-000
Fone: (048) 3045-7536
Interessado: Cliente Campanha:
Projeto/contrato: **

DADOS DA AMOSTRAGEM

Data de coleta: 31/07/2017 11:05 Data de Entrada no Laboratório: 31/07/2017 13:00 Início das Análises: 31/07/2017 11:05
Descrição da amostra: Água de rio Nº Recebimento: 6845
Ponto de coleta: RS - 05
Aspecto da amostra: om coloração levemente marrom, sem material em suspensão e sem odor Nº amostra IPARQUE: 141057
Periodicidade: ** Coord. Geográficas: UTM 2842739° 4925'283"
Tipo de amostragem: SIMPLES **
Temperatura da amostra (°C): 18,3 Temperatura do ar (°C): 23,80
Condições climáticas: Tempo ensolarado Chuva nas últimas 24 hrs ? Não
Coletor: Patrick Mandelli E Denner Tinelli - Iparque/unesc
Observações de campo: Ponto de coleta com foto

RESULTADOS DOS ENSAIOS REALIZADOS

Metais

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Fósforo Total	mg/L	0,01	0,34	Obs(1)
Fosfato	mg/L	0,3	1,03	NC
Ferro Total	mg/L	0,05	43,76	Obs(2)
Manganês	mg/L	0,01	1,46	0,1
Zinco	mg/L	0,01	0,29	0,18

Físico-Químicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
DBO	mg/L	1	3	5
DQO	mg/L	20	46	NC
Nitrogênio Nitrato	mg/L	0,1	0,1	10,0
Nitrogênio Nitrito	mg/L	0,1	< 0,1	1,0
Nitrogênio Total (Kjeldahl)	mg/L	0,1	17,8	NC
Sulfatos	mg/L	5,0	690	250

Análises de Campo

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP (1)
Potencial Redox	mV	(-1.999 a +1.999)	366	NC

Microbiológicas

Análise	Unidade	LQ	Resultado	VMP(1)
NMP de coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1,8 x 10 ⁰	1,1 x 10 ²	NC

Observações:

VMP(1) : Resolução nº 357, de 17 de Março de 2005 do CONAMA (Classe 2 - Águas Doces)

LQ : Limite de quantificação

NC : Parâmetro não contemplado para esta legislação.

Obs(1) : O valor máximo permitido para fósforo total é de 0,030 mg/L para ambiente lótico; 0,050 mg/L para ambiente intermediário e 0,1 mg/L para ambiente léntico.

Obs(2) : A Resolução nº 357 do CONAMA, para águas de classe II, contempla somente Ferro dissolvido com VMP de 0,3 mg/L.

Metodologia

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP-OES)

Metais: SMEWW - Method 3120 B (ICP - OES)

DBO: SMEWW - Method 5210 B

DQO: SMEWW - Method 5220 D / EPA 410.4

Nitrogênio Nitrato: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Nitrito: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Nitrogênio Total (Kjeldahl) : SMEWW - 4500-Norg B

Sulfatos: EPA 300.1 / SMEWW - Method 4110 B (Cromatografia Iônica)

Potencial Redox: SMEWW - Method 2580 B (Potenciométrico)

NMP de coliformes termotolerantes: Standard Methods for the examination of Water and Wastewater. 9221 B e E. 22nd ed. 2012



Universidade do Extremo Sul Catarinense - UNESC
Parque Científico e Tecnológico - IPARQUE
Instituto de Pesquisas Ambientais Tecnológicas - IPAT
Instituto de Alimentos - IALI

RELATÓRIO DE ENSAIO UNIFICADO Nº 141057/2017

Notas:

Os resultados apresentados no presente Relatório se aplicam somente à amostra ensaiada.
Este Relatório de Ensaio só pode ser reproduzido por inteiro e sem nenhuma alteração.

Revisores:

Miriam Fabíola Colombo - LABORATÓRIO DE MICROBIOLOGIA (em 06/09/2017 11:43).

Lucas Feliciano Rezende - LABORATÓRIO DE ÁGUAS E EFLUENTES INDUSTRIAIS (em 06/09/2017 09:57).

Figura: Ponto de coleta.



Criciúma, 06 de setembro de 2017

Mª Glória S. Santos
Coordenação Laboratórios
CRQ XIII - nº 13300056