

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE GRADUAÇÃO  
CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**

**MICHELE APARECIDA DA SILVA**

**CONTAMINANTES EMERGENTES NA BACIA DO RIO DOS SINOS:  
Aspectos toxicológicos e ambientais**

**São Leopoldo  
2016**

Michele Aparecida da Silva

CONTAMINATES EMERGENTES NA BACIA DO RIO DOS SINOS:  
Aspectos toxicológicos e ambientais

Trabalho Acadêmico apresentado como requisito para a obtenção de título de Licenciada em Ciências Biológicas, pelo Curso de Ciências Biológicas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador: Ms. Jackson Müller

São Leopoldo

2016

## LISTA DE QUADRO E TABELAS

Quadro 1 – Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso .....	36
Tabela 1 – Contaminantes emergentes.....	19
Tabela 2 – Dados de saneamento dos municípios da Bacia do Rio dos Sinos (SNIS, 2014) .....	33
Tabela 3 – Ilustra os resultados obtidos nas avaliações da qualidade das águas nos pontos de coleta .....	50
Tabela 4 – Parâmetros obtidos a montante dos pontos de coleta P2 e P4 .....	51
Tabela 5 – Resultados das amostras de água superficial para estradiol .....	52

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização da área de estudos – Bacia do Rio dos Sinos.....	9
Figura 2 – Bacia hidrográfica do Rio dos Sinos dividida em três trechos.....	10
Figura 3 – Índice de Qualidade das Águas (IQA), valores anuais dos locais de monitoramento do Rio dos Sinos, RS .....	37
Figura 4 – Vista geral da bacia do Rio dos Sinos e da área de estudos (círculo) .....	40
Figura 5 – Localização dos Pontos avaliados e de coleta de amostras de água superficial no trecho médio inferior do Sinos.....	40
Figura 6 – Vista da situação de forte urbanização e localização da foz do arroio Pampa .....	45
Figura 7 – Vista geral da localização da foz do arroio Pampa (ponto 2) e da forte organização de Novo Hamburgo e São Leopoldo.....	47
Figura 8 – Vista da foz do arroio Gauchinho (ponto 3) e do forte processo de organização dos bairros Santo Afonso de Novo Hamburgo de Santos Dumond de São Leopoldo.....	48
Figura 9 – Localização da foz do arroio João Correa (ponto4) e da forte urbanização drenada pelo curso d'água. ....	50

## LISTA DE FOTOS

Foto 1 – Mortandade de peixes no Sinos em 2006 não foi suficiente para garantir investimentos em saneamento básico.....	12
Foto 2 – Vista geral do Ponto 1 junto a foz Arroio Pampa na divisa de Campo Bom com Novo Hamburgo.....	44
Foto 3 – Vista geral da foz do arroio Luiz Rau (ponto 2) no município de Novo Hamburgo.....	46
Foto 4 – Situação arroio Gauchinho, na divisa dos municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo .....	47
Foto 5 – Vista da situação constatada na foz do arroio Gauchinho, após a casa de Bombas do Bairro Santo Afonso. Espumas estavam presentes no dia da coleta .....	49
Foto 6 – Vista geral da foz do arroio João Correa (ponto 4). Observar a grande quantidade de espumas que tomavam o canal após a Casa de Bombas .....	49

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVO GERAL	15
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>16</b>
2.1	CONTAMINANTES EMERGENTES	18
2.1.1	O que São Contaminantes Emergentes?	18
2.1.2	Interferentes Endócrinos	20
2.1.3	Hormônios Sexuais na Água de Consumo Humano	22
2.1.4	Dos Hormônios Estrogênios	26
2.1.5	Do Estradiol	27
2.1.6	Efeitos no Meio Ambiente, Ecológicos e na Saúde	28
2.1.7	Da Legislação Aplicada ao Abastecimento Público	29
2.2	SANEAMENTO AMBIENTAL (ÁGUA E ESGOTOS)	30
2.2.1	Cenário Nacional	30
2.2.2	Cenários da Bacia Hidrográfica do Rio Dos Sinos	32
2.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA	35
2.4	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ÁGUA	35
2.5	QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO DOS SINOS	36
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODO</b>	<b>39</b>
3.1	PESQUISA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	39
3.2	AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE QUATRO PONTOS DE AMOSTRAGEM	39
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	<b>44</b>
4.1	SITUAÇÕES DO RIO DOS SINOS E DOS ARROIOS INVESTIGADOS	44
4.2	RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALÍTICOS OBTIDOS EM CAMPO	50
4.3	AVALIAÇÃO DO ESTRADIOL NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO DOS SINOS	52
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS E MEDIDAS PREVENTIVAS RECOMENDADAS</b>	<b>55</b>
	REFERÊNCIAS	60
	ANEXO A – Laudos de Coleta	66

<b>ANEXO B – Resultados Analíticos .....</b>	<b>70</b>
--	-----------

## **AGRADECIMENTO**

O apoio de algumas pessoas foi imprescindível para a realização e conclusão deste trabalho.

Primeiramente agradeço pela orientação e dedicação do professor Ms. Jackson Müller.

Aos meus pais.

À minha amiga Leslie Flores Moog, por ser minha ouvinte, conselheira e entusiasta durante todo o período da graduação.

Ao meu namorado Jonatas, pelo companheirismo e paciência durante a realização deste trabalho.

A todos os professores e professoras que contribuíram com seus ensinamentos para minha profissão.

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, diante de um quadro de fortes pressões, o meio ambiente passou a ser uma preocupação importante para a sociedade brasileira. O Art. 225 da Constituição da República Federativa do Brasil (BRASIL, 1988) veio ao encontro destes movimentos da sociedade definindo que “todos tem direito a um meio ambiente ecologicamente equilibrado” e que este meio ambiente “é um bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”.

Em decorrência disso, recentemente a água e o saneamento básico têm se demonstrado como um dos eixos centrais das discussões ambientais, econômicas e sociais.

Atualmente, o impacto do homem sobre os recursos hídricos e o meio ambiente é significativo, pois tradicionalmente empregam-se os rios para diluir e afastar os efluentes resultantes das atividades humanas. Outras atividades antrópicas, como o corte e queimada das matas, o emprego de técnicas e procedimentos inadequados no manejo dos solos provocando erosão, a agricultura intensiva, construção e uso de cidades e rodovias, sem os cuidados necessários, também contribuem para aumentar a concentração de resíduos nos corpos hídricos. (MARGALEF, 1991). Esses impactos estão presentes de forma evidente também no Rio dos Sinos, conforme diversos trabalhos já desenvolvidos nos últimos anos. (FEPAM, 2007; OLIVEIRA et al., 2008; MACEDO et al. 2009).

A Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos localiza-se na porção leste do estado do Rio Grande do Sul, aproximadamente circunscrita no polígono formado pelas coordenadas 29° 54' e 29° 20' Sul e 51° 17' e 50° 15' Oeste. Frente à divisão hidrográfica, a Bacia do Rio dos Sinos (denominada G-20) localiza-se na Região Hidrográfica do Guaíba, sendo que faz divisa a oeste e norte com as Bacias do Rio Caí e Taquari Antas (esta última em pequena porção), ao sul com a Bacia do Baixo Jacuí e Lago Guaíba e a Leste com a Bacia do Rio Gravataí e Bacia do Rio Tramandaí. O Rio dos Sinos deságua no Delta do Rio Jacuí, onde também afluem, e muito próximos, os Rios Caí e Gravataí. A área da Bacia é de 3.696 km<sup>2</sup> o que corresponde aproximadamente a 4,4% da área da Região Hidrográfica do Guaíba e a 1,3% da área do estado do Rio Grande do Sul.

O abastecimento público de água da bacia abrange a maior parte dos domicílios urbanos, sendo predominantemente de origem superficial. Apesar de

grande importância econômica do Vale dos Sinos, apenas 3% da população está ligada à rede coletora de esgotos, sendo os demais 25% sem ligação a qualquer tipo de sistema e 72% com soluções locais precárias. Esta situação é agravada pela grande quantidade de resíduos sólidos industriais perigosos encontrados ao longo da bacia do Rio dos Sinos.

A poluição industrial já constituiu a principal fonte de preocupação relativa à qualidade da água nesta bacia. Porém, com a implantação de estações de tratamento nas indústrias, esta situação vem alterando-se com o passar dos anos. As principais fontes de poluição localizam-se nos trechos médio e inferior e têm origem, em grande parte, nos esgotos domésticos não tratados. A crescente ocupação desordenada do território e o grande número de favelas, principalmente em áreas de preservação importantes, como os banhados, também agravam esta situação. A Figura 1 apresenta a localização da Bacia do Rio dos Sinos e os 32 municípios que a compõem.

Figura 1 – Localização da área de estudos – Bacia do Rio dos Sinos



Fonte: Comitesinos, 2012.

De maneira geral, também a Bacia dos Sinos pode ser dividida em três grandes compartimentos, em que se destacam condições relativamente homogêneas de relevo e uso do solo. A condição de relevo pode ser visualizada na Figura 2, onde

estão representadas classes de altitude através do modelo numérico do terreno (MNT), elaborado em escala 1:50.000. Esta foi dividida em três compartimentos:

O **Alto Sinos**, em que são notadas as maiores altitudes (acima de 1.000 metros acima do nível do mar), pode ser delimitado desde as nascentes, a montante da sede urbana de Caraá, até o rio da Ilha. Nesse trecho, toda a ocupação é rarefeita e o uso do solo é predominantemente rural. Corresponde a cerca de 47,5% da Bacia. Pequenas cidades como Caraá, Rolante e Riozinho estão nesta porção da Bacia.

O **Médio Sinos**, formado essencialmente pelo segmento correspondente à Bacia do Rio Paranhana e contribuintes menores nas margens esquerda e direita em que as altitudes já não se destacam (exceção às nascentes do Paranhana, que atingem cotas de até 900 metros). Nesse trecho também, que corresponde a aproximadamente 26,5% da Bacia, ainda não se estabelece a porção mais urbanizada da Bacia. No entanto, o vale do Paranhana com as sedes municipais de Três Coroas, Igrejinha, Parobé e Taquara já aponta para alguma concentração populacional.

Figura 2 – Bacia hidrográfica do Rio dos Sinos dividida em três trechos



Fonte: Consórcio Pró-Sinos, 2014.

O último dos compartimentos é o **Baixo Sinos**, que pode ser lançado a partir da região de Sapiranga e Campo Bom até a foz. O relevo nesta última porção é marcado pelas baixas altitudes (até 200 metros, praticamente todo abaixo dos 50

metros). Os principais contribuintes também marcados pela presença de efluentes domésticos e industriais o que deteriora a qualidade da água. O uso do solo, predominantemente urbano com algum destaque para o cultivo do arroz irrigado nas várzeas do rio dos Sinos em até aproximadamente 40 km<sup>2</sup>. No total, o Baixo Sinos ocupa aproximadamente 26% da área da Bacia. No segmento Baixo Sinos é onde estão as sedes urbanas das maiores cidades da Bacia (Novo Hamburgo, São Leopoldo, Esteio, Sapucaia do Sul e Canoas).

A redução da qualidade, associada à diminuição do volume de água no Rio dos Sinos, está reduzindo a disponibilidade do elemento na região em determinados momentos e determinadas localidades, gerando conflito pelo seu uso, aumentando os custos de tratamento para atender o consumo humano e interferindo no equilíbrio dos ecossistemas existentes.

O modelo de ocupação Bacia do Rio dos Sinos ocorreu de forma não planejada, utilizando em muitos momentos tecnologias agressivas do uso da água e do solo, o que levou à contaminação crescente de seus recursos hídricos e à degradação da flora e da fauna original. A Bacia tem sido fonte de abastecimento de água para, aproximadamente, 2 milhões de habitantes e os rios da bacia recebem os dejetos da população e despejos líquidos domésticos de áreas urbanas e rurais, bem como efluentes industriais e eventuais lixívias de lixões ou de aterros sanitários mal implantados. Além disso, os riscos ambientais à saúde envolvem a falta de acesso à água potável, saneamento básico deficiente nas moradias e na comunidade, contaminação dos alimentos por organismos patogênicos, contaminação do ar e a proliferação de vetores de doenças.

Os principais impactos ambientais no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos estão, portanto, relacionados com o uso excessivo da água; com a poluição dos solos, do ar e dos recursos hídricos pela aplicação de agrotóxicos e de fertilizantes, constando-se ainda a infiltração de dejetos de animais nos mananciais de água.

As consequências de todas essas agressões ao ambiente puderam ser comprovadas com a mortandade de mais 90 toneladas de peixes no Rio dos Sinos no ano de 2006 (Foto 1), a qual expôs, de forma trágica, o desmazelo em relação à fonte vital que são os recursos hídricos. Apesar disso, mesmo com a gravidade do que ocorreu em 2006 outros episódios significativos se repetiram em 2010, com cerca de 17 toneladas de peixes mortos no período de piracema. Todos esses impactos atuam negativamente sobre o ambiente e são indicadores de riscos à saúde humana,

diminuindo a qualidade de vida da população situada no âmbito da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

Foto 1 – Mortandade de peixes no Sinos em 2006 não foi suficiente para garantir investimentos em saneamento básico



Fonte: Jackson Müller.

A presença de fármacos, cosméticos e produtos de higiene pessoal tem sido detectada em águas superficiais, subterrâneas, água para consumo humano, e até mesmo em solos sujeitos à aplicação de lodo de esgoto. Estes produtos são extensivamente empregados em medicina humana e veterinária e vêm sendo considerados como contaminantes ambientais emergentes. (TORRES et al., 2012; FENT et al., 2006).

### 1.1 JUSTIFICATIVA

Conceitua-se bacia hidrográfica como sendo um conjunto de terras drenadas por um rio principal, seus afluentes e subafluentes. A ideia de bacia hidrográfica está associada à noção da existência de nascentes, divisores de águas e características dos cursos de água, principais e secundários, denominados afluentes e subafluentes. A formação da bacia hidrográfica dá-se através dos desníveis de terrenos que orientam os cursos da água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas. Sendo

assim, o conceito de bacia hidrográfica pode ser entendido como rede hidrográfica e relevo. (TUNDISI, 2008).

Cada bacia ou microbacia hidrográfica possui características próprias, o que torna difícil estabelecer uma única variável como indicador padrão para qualquer sistema hídrico. Nesse sentido, torna-se relevante o desenvolvimento de trabalhos de campo para a obtenção de indicadores de qualidade ambiental que reflitam as intervenções humanas, como o uso agrícola, urbano e industrial. (TOLEDO, 2002).

Um método que vem sendo amplamente utilizado para gestão dos recursos hídricos adota a bacia hidrográfica como unidade geográfica de planejamento e gestão, ao contrário de serem adotadas unidades de caráter político-administrativo como o estado, município e outros. (LAURA, 2004). Esta tendência se deve ao papel integrador dos recursos hídricos nos aspectos físico, bioquímico e socioeconômico e também pelo fato deste método possibilitar a análise da maioria das relações de causa e efeito dos processos. (LANNA, 2000).

A Lei Federal n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997) institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e estabelece de forma geral princípios de gestão de recursos hídricos como: gestão por bacia hidrográfica, usos múltiplos, uso prioritário; valor econômico; gestão descentralizada e participativa; água como bem finito e vulnerável. Entre os objetivos que devem nortear a consecução da Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997) está aquele de assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos. (Art. 2º, Cap. II, Lei n. 9.433).

O Art. 7º, da Lei n. 9.433/97 (BRASIL, 1997) descreve que os planos de recursos hídricos são planos de longo prazo, com horizonte de planejamento compatível com o período de implantação de seus programas e projetos e tendo como alguns de seus conteúdos mínimos o diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e o balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em **quantidade e qualidade**, com identificação de conflitos potenciais.

A importância da gestão dos recursos hídricos em qualquer processo de desenvolvimento socioeconômico é inquestionável, particularmente no mundo atual, onde a água, além de cumprir o seu papel natural de abastecimento das necessidades humanas, animais e produtivas, vem, cada vez mais, sendo degradada ao servir como veículo para os despejos de efluentes urbanos, industriais, agrícolas e extrativos. Os

lançamentos de efluentes urbanos e industriais, a deposição de dejetos animais, de agrotóxicos e de detritos das atividades extrativas, limitam o uso deste recurso natural, exigindo elevados investimentos para a sua recuperação, fato que interfere no processo de desenvolvimento econômico e social. (ROCHA, 2000).

O desenvolvimento econômico conduziu ao surgimento de uma grande variedade de substâncias utilizadas nas atividades domésticas, como fragrâncias, agentes de proteção solar, repelentes de insetos, antissépticos, retardantes de chama, para processamento de peças e acessórios como os aditivos industriais, pesticidas para uso agrícola, com amplo desenvolvimento de produtos farmacêuticos, como os antibióticos de uso veterinário, analgésicos e antiinflamatórios, ansiolíticos, antidepressivos, bem como substâncias da ampliação do uso de drogas ilícitas.

O grande consumo nos centros urbanos e as demandas sociais tornam essas substâncias cada vez mais presentes nas águas de todos os rios do mundo e que só agora começam a despertar a atenção dos órgãos de saneamento. Entre essas substâncias, está a fenolftaleína, que tem seu uso como laxante proibido pela ANVISA, e o triclosan, um antisséptico usado em medicamentos, cremes dentais e desodorantes. Sua proliferação em rios e reservatórios é resultado do crescimento das cidades e de novos processos industriais.

Estas substâncias podem causar danos ao meio ambiente e à saúde. Atualmente há poucas informações disponíveis sobre os efeitos destes contaminantes em águas naturais, embora muitos deles sejam classificados como substâncias ou misturas exógenas que alteram a função do sistema endócrino e, conseqüentemente, causam efeitos adversos em um organismo saudável, ou em seus descendentes ou subpopulações.

Uma situação de gravidade reside no fato de que a maioria destes componentes não é detectada pelas estações de tratamento, mas a sua variedade e presença nos rios pode causar sérios danos à saúde humana e ao meio ambiente. (ARIAS, 2014). Os restos de drogas, conhecidos como contaminantes emergentes nos rios e aquíferos por várias razões decorrentes de vestígios de atividades humanas de medicamentos que não estão completamente assimilados pelo corpo e águas residuais, são lançados nos aterros de resíduos e esgotos.

A falta de saneamento básico possibilita que essas substâncias sejam lançadas nos recursos hídricos, retornando para as torneiras da população, uma vez que os índices de tratamento no Rio Grande do Sul são precários.

O estudo dessas substâncias se revela de grande importância, uma vez que as águas superficiais na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos são a principal fonte para abastecimento humano.

## 1.2 OBJETIVO GERAL

O presente estudo busca analisar os aspectos toxicológicos e ambientais associados aos contaminantes emergentes presentes na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos diante da situação do saneamento básicos e qualidade das águas.

## 1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Elaborar pesquisa bibliográfica sobre os aspectos toxicológicos e ambientais dos contaminantes emergentes e a situação do saneamento básico na bacia do Rio dos Sinos.
- b) Caracterizar quatro pontos na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos para investigação da presença de estradiol e demais aspectos ambientais.
- c) Analisar os resultados obtidos e propor medidas para minimizar os impactos desses contaminantes na Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O lançamento de poluentes nos recursos hídricos caracteriza-se por um comportamento humano com grandes contradições. Qual a lógica de lançar substâncias poluentes e perigosas nas águas utilizadas para consumo humano?

Dependendo da concentração, as toxinas lançadas no ambiente podem causar danos diversos, tais como redução da longevidade, desordens fisiológicas em diferentes tecidos e órgãos e alterações genéticas. (GROVER E KAUR, 1999). A água utilizada em atividades rurais, industriais e urbanas sofre sérios comprometimentos em termos de qualidade, já que passa a transportar dejetos de diferentes composições, com grau de toxicidade variado e, muitas vezes, desconhecido. Portanto, também variado e desconhecido será o impacto causado por estes resíduos quando lançados nos corpos d'água. (WHITE; RASMUSSEN, 1998).

Quando se consideram os dejetos lançados por complexos industriais ou por indústrias de grande porte, não apenas o volume, mas principalmente a sua composição química tem um papel determinante no que diz respeito ao risco imposto ao ambiente. Já os resíduos lançados pelos centros urbanos apresentam uma natureza ainda mais complexa, pois são formados pelo somatório de dejetos de origem doméstica com os de indústrias de pequeno porte. Dessa forma, a sua constituição vai depender tanto do número de habitantes, como da quantidade e tipo de pequenas indústrias presentes no município, fazendo com que cada um apresente afluentes de composições distintas e particulares. Outro ponto a ser considerado é a presença ou não de algum tipo de tratamento, não só dos esgotos domésticos, mas também dos resíduos industriais, antes de seu despejo nos corpos d'água. De fato, na grande maioria das vezes, indústrias de pequeno porte não apresentam qualquer estratégia de tratamento de seus efluentes, enquanto que, dependendo do centro urbano, dejetos domésticos podem estar sujeitos a diferentes estratégias de tratamento, que vão desde a sua total recuperação até seu lançamento direto nos sistemas aquáticos. (WHITE; RASMUSSEN, 1998).

Apesar da determinação dos poluentes ambientais na natureza, é difícil prever a toxicidade da mistura (sinergias) de tais substâncias à biota aquática tendo por base os mecanismos de ação de cada composto individualmente. O conhecimento atual dos efeitos combinados e dos modos de ação à exposição a misturas é limitado.

Por essa razão, as bases científicas para avaliação de risco e perigo requerem dados analíticos e toxicológicos com possíveis misturas de compostos orgânicos e inorgânicos presentes no ambiente, ou até compostos formados pela reação química entre estes. Além disso, dados de expressão genética podem ser importantes para estabelecer novas hipóteses e descobrir novos biomarcadores para toxicidades conhecidas e ainda desconhecidas.

O universo de substâncias químicas existentes e manipuladas pela humanidade é demasiado amplo para permitir um constante monitoramento ambiental de todas as substâncias. Por essa razão, periodicamente deveriam ser estudados e monitorados compostos químicos que apresentem toxicidade elevada ou efeitos potencialmente nocivos ao ambiente e ao homem, ou seus indicadores, a fim de minimizar ou controlar os efeitos da ação antrópica sobre o ambiente e sobre a própria humanidade. Esses compostos selecionados são organizados em listas de poluentes prioritários, tais com as listas fornecidas pela Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA, 2009). Tomada como exemplo a lista de poluentes prioritários em águas da EPA conta hoje com 126 compostos químicos, para os quais existem metodologias analíticas desenvolvidas para a sua determinação.

Nos últimos anos, novos contaminantes emergentes têm sido estudados, tais como resíduos de fármacos e de higiene pessoal, devido à presença de muitos disruptores endócrinos (DEs). Os disruptores endócrinos (DEs) são substâncias ou misturas exógenas que têm comportamento similar aos hormônios endógenos e afetam a sua liberação, ligação ou metabolismo, acarretando em efeitos adversos em organismos vivos, ou em seus descendentes (USEPA, 1997; DAMSTRA et al., 2002). Segundo a USEPA, um interferente endócrino é um agente exógeno que interfere na síntese, secreção, transporte, ligação, ação ou eliminação de hormônios naturais que são responsáveis pela manutenção da homeostase, reprodução, desenvolvimento e/ou comportamento. Entre esta classe de contaminantes destacam-se substâncias como os fitoestrogênios (sitosterol e isoflavonoides), hormônios sintéticos (etinilestradiol e mestranol), ftalatos (dietilhexilftalato e dihexilftalato), praguicidas (atrazina e endosulfan) e os fenóis. A presença de hormônios femininos em águas superficiais, águas subterrâneas, águas residuárias e, até mesmo, em águas para consumo humano tem sido relatada em diversos países como Inglaterra, Brasil, Alemanha, Canadá, Itália, Holanda, Estados Unidos e Suécia. (TORRES et al., 2012).

## 2.1 CONTAMINANTES EMERGENTES

### 2.1.1 O que São Contaminantes Emergentes?

Contaminantes emergentes compreendem produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (PFHP), indicadores de atividade antrópica, subprodutos industriais, hormônios, drogas lícitas e ilícitas. Um dos maiores desafios para manter os recursos hídricos limpo e seguro é que a mistura de produtos químicos utilizados pela sociedade está mudando continuamente. Novos estudos estão revelando a presença na água de abastecimento de medicamentos, produtos de cuidados pessoais (PCPS) e outras substâncias que usamos todos os dias em casa, no trabalho e no campo. Estes compostos são geralmente referidos como contaminantes emergentes. (ARIAS, 2014).

A Tabela 1 ilustra os contaminantes emergentes conhecidos hoje e encontrados frequentemente em estudos sobre estes:

Tabela 1 – Contaminantes emergentes

<b>Classe</b>	<b>Exemplos</b>
<b>Produtos Farmacêuticos</b>	
Antibióticos (uso humano e veterinário)	Clorotetraciclina, eritromicina, sulfametoxazol, lincomicina, trimetoprim
Analgésico e anti-inflamatórios	Ácido acetilsalicílico, diclofenaco, paracetamol, cetoprofeno, ibuprofeno
Drogas de uso psiquiátrico	Diazepam, fluoxetina, carbamazepina, paroxetina
Reguladores lipídicos e seus metabólicos	Bezafibrato, ácido clofíbrico, ácido fenofíbrico
β-bloqueadores	Atenolol, propranolol, metoprolol, betaxolol
Meio de contraste de raio-X	Iopamidol, diatrizoato, iopromida, iomeprol
Contraceptivos	Etinilestradiol, desogestrel, mestranol
<b>Produtos de higiene pessoal</b>	
Fragrâncias	Almíscares nitrados, policíclicos, macrocíclicos
Protetores solares	Benzofenonas, parabenos
Repelentes de insetos	N, Dietiltoluamida
<b>Interferentes endócrinos</b>	
Retardantes de chamas	Difenil éteres polibromados (PBDE)
Aditivos industriais	Ácido etilendiaminotetra-acético (EDTA), ácido nitrilo acético (NTA)
Surfactantes (não iônicos)	Alquifenóis lineares, carboxilados (SPC) e etoxilados (APEO), compostos perfluorados
Aditivos de gasolina	Metil- <i>t</i> -butiléter (MTBE)
Inibidores de corrosão	Benzotriazóis, benzotiazóis
Hormônios naturais	17β-estradiol, progesterona, testosterona e esterona
Agrotóxicos	Atrazina, clordano, dieldrinhexaclorobenzeno
Hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH)	Benzo[a]pireno, fluoranteno, antraceno, naftaleno
Bifenilspoliclорadas (PCB)	3,3', 4,4' – tetraclorobifenil (PCB 77), 3,4,4',5 – tetraclorobifenil (PCB 81)
Ftalatos	Dietilftalato, dibutilftalato
Dioxina e furanos	2,3,7,8 – tetracloro- <i>p</i> -dioxina (2,3,7,8 TCDD)
<b>Drogas de abuso</b>	Anfetaminas, cocaína, tetra-hidrocanabinol, 3,4-metileno-dioximetanfetamina (MDMA)

Fonte: Da autora.

A gama de contaminantes encontrados em amostras de lama de esgoto reflete o que está sendo utilizado na sociedade.

Na atualidade, sabe-se pouco sobre os efeitos destes contaminantes em águas superficiais. Muitos deles são classificados como interferentes endócrinos, ou

seja, substâncias ou misturas exógenas que alteram a função do sistema endócrino e, conseqüentemente, causam efeitos adversos em organismos saudáveis.

Muitas são as substâncias classificadas com DEs. Entre essas, destacam-se os hormônios sexuais endógenos ou sintéticos, tais como  $17\beta$ -estradiol, estrona, bem como pesticidas, metais pesados, entre outros.

A presença dos DEs no meio ambiente aumenta os riscos ao aparecimento de doenças como os cânceres de próstata, mama e testículo, além de ovários policísticos, redução da fertilidade masculina. (DAMSTRA et al., 2002; BILA; DEZOTTI, 2007; PRINS, 2008). Muito comumente também geram graves problemas para a reprodução de peixes, pois causam o desenvolvimento da proteína vitelogenina característica de fêmeas em peixes machos, resultando no aparecimento de características femininas e perda progressiva das características masculinas destes. (BILA; DEZOTTI, 2007).

### 2.1.2 Interferentes Endócrinos

Segundo um estudo intitulado “Avaliação da Qualidade das Águas Destinadas ao Abastecimento Público na Região de Campinas: Ocorrência e Determinação dos Interferentes Endócrinos (IE) e Produtos Farmacêuticos e de Higiene Pessoal (PFHP)”, foram coletadas durante quatro anos amostras de água bruta e água potável oriundas da Sub-Bacia do Rio Atibaia, principal manancial utilizado para o abastecimento público da região. Durante esse período, foram monitorados 21 compostos. (GHISSELI, 2006). No estudo foram aplicadas técnicas para identificação e quantificação, identificando diversos desses contaminantes em esgotos brutos, águas superficiais e tratadas.

O termo interferente endócrino, do inglês *endocrine disruptor*, começou a ser empregado na década de 1990 por Colborn, para denominar as substâncias químicas presentes no ambiente, capazes de se acumular no solo e nos sedimentos dos rios, de contaminar a cadeia alimentar, de ligar-se a receptores endócrinos e promover alterações na síntese, secreção, metabolismo ou ação hormonais nos organismos.

Atualmente, o Programa Internacional de Segurança Química (*International Programme on Chemical Safety*, IPCS) define formalmente interferente endócrino com substâncias ou misturas presentes no ambiente capazes de interferir no sistema endócrino, causando efeitos adversos em um organismo intacto ou em sua prole.

Muitas substâncias químicas, algumas naturais e outras sintéticas, foram identificadas como interferentes da atividade endócrina em organismos, inclusive em humanos. São citados como interferentes endócrinas diversas classes de pesticidas, conservantes, alguns surfactantes, plastificantes, medicamentos, produtos de higiene e cuidado pessoal, hormônios naturais e sintéticos, entre outros. (GHISSELI, 2006).

A origem de interferentes endócrinos no ambiente pode ser dividida em fontes pontuais e não pontuais. As fontes pontuais incluem descarga de esgotos municipal e industrial, efluentes da pecuária, lixiviação de aterros e liberação de esgoto doméstico. Já as fontes não pontuais incluem descarte da agricultura, lixiviação de asfalto em regiões urbanizadas e deposições atmosféricas. Independentemente da origem dos interferentes endócrinos, os compartimentos aquáticos são o destino final destes contaminantes no ambiente.

O sistema endócrino é o principal responsável pela comunicação química entre os órgãos e tecidos, o que ocorre por meio de mensageiros químicos denominados hormônios. Estes são transportados pelo sangue e atingem o tecido-alvo estimulando ou inibindo sua atividade biológica. Dessa forma, os processos fisiológicos, incluindo a reprodução, o crescimento, a homeostase, o comportamento e a disponibilidade energética, são regulados e coordenados pelo sistema endócrino. (KRAAK et al., 1998). Cada célula do tecido-alvo tem receptores hormonais em suas membranas ou em seus núcleos. Os receptores são proteínas que se ligam aos hormônios com elevada afinidade e sua função é dupla, tendo que reconhecer o hormônio e também transformar o sinal hormonal em resposta biológica. No entanto, compostos químicos naturais ou antrópicos, bem como os seus resíduos metabólicos, podem afetar o funcionamento normal do sistema endócrino em diferentes grupos animais. Estes compostos são conhecidos como químicos moduladores e interferentes endócrinos.

A ação dos interferentes endócrinos ocorre pelo bloqueio, mimetização e estimulação ou inibição dos hormônios naturais. Geralmente eles alteram o estado homeostático dos hormônios e prejudicam sua interação com os receptores, interferindo no tipo de ligação do hormônio com o seu receptor ou alterando a sua síntese, estocagem, liberação, transporte, metabolismo e eliminação natural. (HANSON et al., 2005). Assim, as funções reprodutivas, o desenvolvimento, o comportamento, a imunidade e a sobrevivência, de vários grupos animais, podem ser comprometidos por esse grupo químico. As substâncias em questão são consideradas

estressores, uma vez que podem afetar a integridade das funções fisiológicas dos seres vivos e são responsáveis por desencadear alterações orgânicas, as quais requerem um maior gasto energético para que ocorram as adaptações fisiológicas necessárias. (GIESY; SNYDER, 2003). Os efeitos dos interferentes endócrinos sobre os organismos dependem da intensidade do estresse, do tempo de contato com o organismo, da frequência a que este organismo é exposto, da biologia, da fase de vida e da etapa do ciclo reprodutivo da espécie.

As características dos fatores abióticos, como as propriedades físico-químicas das substâncias desreguladoras, bem como as condições ambientais em que elas se encontram, também influenciam na atuação sobre o funcionamento endócrino. Sodré et al. (2007) destacam que, atualmente, os principais grupos potenciais de substâncias consideradas IE no meio aquático são: os plastificantes (ftalatos e bisfenol-A); os Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA); as Bifenilas Policloradas; os Pesticidas; os Estrogênios Naturais e Artificiais e os Retardantes de Chamas Bromados. Segundo os autores, tais substâncias atingem os corpos de água por meio de fontes pontuais e difusas de poluição, tornando o problema crônico nestes ambientes. (GIESY; SNYDER, 2003). Desreguladores endócrinos (DE) são definidos como substâncias exógenas capazes de causar efeitos adversos à saúde, interferindo no sistema endócrino de organismos aquáticos, e nos últimos anos têm sido um dos principais tópicos de pesquisa em diferentes áreas do conhecimento.

### **2.1.3 Hormônios Sexuais na Água de Consumo Humano**

Segundo o Comitê Científico do Centro Latino americano Saúde e Mulher (CELSAM), o Brasil encontra-se em terceiro lugar no consumo de anticoncepcionais na América Latina, atrás somente do Uruguai e do Chile. (PERSHÉ, 2008). Entretanto, esta evolução promovida pelo uso dos anticoncepcionais tem se tornado uma preocupação mediante as condições de saneamento em que a maioria dos países se encontra, pois os hormônios provenientes dos anticoncepcionais, denominados hormônios sexuais femininos (HSFs), não são eficientemente removidos nas ETEs, e quando dispersos no meio ambiente, principalmente por meio do lançamento de esgoto, os HSFs, mesmo em baixas concentrações, na faixa de ng e µg, possuem potencial para causar diversos problemas ambientais, tanto para a fauna aquática quanto para o ser humano. A toxicidade dos HSFs tem sido reportada por diversas

organizações, como a Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA), a Agência Ambiental do Reino Unido (UK), a Agência Ambiental do Japão (JEA) e a Comissão de Paris e Oslo (OSPAR), onde fazem parte de um grupo de compostos denominados poluentes emergentes.

O estrógeno sintético  $17\alpha$ -etinilestradiol (EE2), amplamente usado na medicina em terapias de reposição e métodos contraceptivos, e os naturais estrona (E1),  $17\beta$ -estradiol (E2) e estriol (E3), são considerados como responsáveis pela maioria dos efeitos de desregulação endócrina, pois afetam o sistema endócrino de peixes em concentrações de  $1\text{ ng L}^{-1}$ , podendo ser encontrados no ambiente em concentrações na ordem de  $\mu\text{g L}^{-1}$  e  $\text{ng L}^{-1}$ . A persistência da atividade dos estrogênios tem origem na contínua introdução em ambientes aquáticos por meio da disposição inadequada de esgoto sanitário e industrial, como também pelo uso de lodo ativado de estação de tratamento de esgoto na agricultura.

O uso de águas superficiais para o consumo humano, bem como a transformação de seus mananciais como receptores de esgotos sanitários, tratados ou não, têm sido os principais motivos de preocupação acerca da contaminação das fontes de estudos conduzidos por pesquisadores de Campinas-SP (GHISSELI, 2006).

No estudo os pesquisadores apontaram a presença de hormônios estrógenos no Rio Atibaia, que abastece 92% do município. Sodré e colaboradores (2006) identificaram, nesse mesmo ecossistema aquático, em um ponto na jusante da cidade de Campinas, níveis de  $17\beta$ -estradiol e  $17\alpha$ -etinilestradiol que chegaram a 2,51 e 0,31  $\mu\text{g L}$ , respectivamente. Em São Luís, no Maranhão, a água potável que é distribuída à população é proveniente de diferentes mananciais. O rio Itapecuru, que recebe efluentes de cerca de 3 milhões de pessoas e cuja estação de tratamento de água (ETA) dista 56 quilômetros da rede de distribuição, e o Reservatório do Batatã, que recebe impactos antrópicos de mais de 40 mil pessoas, é a principal fonte de água superficial. Até o momento, nenhum estudo objetivando verificar se está ocorrendo contaminação por hormônios estrógenos foi realizado nessas áreas. O estado do Paraná poderá contribuir com a elucidação de uma nova preocupação em relação à gestão de recursos hídricos no estado, pois são compostos nocivos ao meio ambiente. Considerando as grandes quantidades em que os HSFs são lançados no meio ambiente diariamente, percebe-se a importância do monitoramento da concentração destes compostos e de outras características como mobilidade, que pode ser avaliada por meio de coeficientes de partição e distribuição, principais meios de transporte,

mecanismos de degradação e fontes, com a finalidade de promover melhorias no tratamento de esgoto, capazes de remover HSFs, de forma eficiente.

Um grave problema se associa ao fato de que a Portaria n. 2.914 de 12 de dezembro de 2011, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de portabilidade, não abrange a sua avaliação, o que representa um sério risco aos consumidores.

Atualmente, uma atenção especial tem sido dada à presença destes contaminantes em mananciais hídricos utilizados para o abastecimento público, bem como na água distribuída à população após tratamento. No Brasil, esta questão reveste-se de importância única devido à carência de políticas públicas sobre o tema.

Em geral, nos países em desenvolvimento a principal causa da contaminação dos recursos hídricos é a ausência de tratamento adequado para os esgotos domésticos, agrícolas e industriais (incluindo agrotóxicos), ocasionando efeitos cumulativos sobre o corpo hídrico. Outro fator causador da contaminação é o contato da água com produtos químicos tóxicos e ainda pela presença de micro-organismos patogênicos que, devido à inexistência de tratamentos de esgoto, permanecem na água.

O monitoramento da qualidade das águas é um dos mais importantes instrumentos da gestão ambiental. Ele consiste, basicamente, no acompanhamento sistemático dos aspectos qualitativos das águas, visando a produção de informações e é destinado à comunidade científica, ao público em geral e, principalmente, às diversas instâncias decisórias. Nesse sentido, o monitoramento é um fator determinante, uma vez que propicia uma percepção sistemática e integrada da realidade ambiental.

O conceito de qualidade da água relaciona-se com as características apresentadas pela água, por sua vez determinadas pelas substâncias (parâmetros) nela presentes. Água “pura” é um conceito hipotético, uma vez que a água apresenta elevada capacidade de dissolução e transporte e, em seu percurso, superficial ou subterrâneo. Nesse percurso, ela pode incorporar um grande número de substâncias. Entretanto, por processos naturais ou decorrentes das atividades antrópicas, podem ser incorporadas à água substâncias em “excesso” ou indesejáveis, o que pode vir a comprometer determinados usos. Portanto, qualidade da água é um atributo dinâmico no tempo e no espaço e encontra-se, acima de tudo, relacionado com os usos de uma determinada fonte. (BRASIL, 2006).

De forma análoga, o conceito de poluição deve ser entendido como perda de qualidade da água, ou seja, alterações em suas características que comprometam um ou mais usos do manancial. Por sua vez, contaminação é em geral entendida como um fenômeno de poluição que apresente risco à saúde. Em linhas gerais, água potável é aquela que pode ser consumida sem riscos à saúde e sem causar rejeição ao consumo. O padrão de potabilidade da água é composto por um conjunto de características (parâmetros) que lhe confira qualidade própria para o consumo humano. Em tese, do ponto de vista tecnológico, qualquer água pode ser tratada, porém nem sempre a custos acessíveis. Decorre daí o conceito de tratabilidade da água, relacionado à viabilidade técnico-econômica do tratamento, ou seja, de dotar a água de determinadas características que permitam ou potencializem um determinado uso. Portanto, água potabilizável é aquela que em função de suas características *in natura* pode ser dotada de condições de potabilidade, por meio de processos de tratamento viáveis do ponto de vista técnico-econômico. Torna-se assim nítida a interdependência entre qualidade da água bruta, tratamento da água e qualidade da água tratada. (BRASIL, 2006).

Porém, o tratamento da água, em si, não garante a manutenção da condição de potabilidade, uma vez que a qualidade da água pode deteriorar-se entre o tratamento, a reservação, a distribuição e o consumo, além de receber inúmeros contaminantes em suas diferentes etapas. Cabe também destacar que várias substâncias, como metais pesados e agrotóxicos, não são efetivamente removidas em processos convencionais de tratamento. Daí a importância de um enfoque sistêmico no controle e na vigilância da qualidade da água para consumo humano, visualizando a dinâmica da água desde o manancial até o consumo, avaliando a presença de novos tipos de poluentes ou contaminantes. (BRASIL, 2006).

No Brasil, as poucas pesquisas desenvolvidas buscam estudar a qualidade da água. Como, por exemplo, Ghiselli (2006) estudou a água de abastecimento, realçando a ação dos interferentes endócrinos, produtos farmacêuticos e de higiene pessoal (PFHP) na região de Campinas-SP, sendo frequentemente encontrados os compostos como cafeína, estradiol, progesterona e bisfenol. Nesse estudo, verificou-se também que as concentrações de hormônios sexuais em amostras de esgoto bruto e tratado eram muito próximas, alertando para uma provável ineficiência do tratamento empregado. A água potável fornecida em dezesseis capitais brasileiras, e consumida por aproximadamente 40 milhões de pessoas, apresenta contaminação por

substâncias ainda não inseridas na legislação como obrigatórias para monitoramento e controle na água fornecida pelas companhias de saneamento e que podem ser potencialmente nocivas à saúde.

#### **2.1.4 Dos Hormônios Estrogênios**

Os estrógenos são produzidos pelos folículos ováricos maduros. Os três estrogênios naturais são: o estradiol, o estriol e a estrona.

O estradiol é expulso do corpo pelos ovários e liberados na primeira fase do ciclo menstrual. A produção desse hormônio começa na adolescência, quando é responsável pelo aparecimento dos sinais sexuais secundários na mulher, e vai até a menopausa.

A falta de estrogênios causa as ondas de calor ou fogachos em aproximadamente 75 a 80 % das mulheres. Quando em baixas quantidades ou com disfunção em seus receptores, o comportamento feminino fica mais “masculinizado”. A diminuição de estrógenos faz com que a mulher se sinta depressiva, com medo, apreensiva, irritada, insegura e pessimista. O estrógeno induz as células de muitos locais do organismo a proliferar, isto é, a aumentar em número. Por exemplo, a musculatura lisa do útero aumenta tanto que o órgão, após a puberdade, chega a duplicar ou mesmo triplicar de tamanho. O estrogênio também provoca o aumento da vagina e o desenvolvimento dos lábios que a circundam, faz o púbis se cobrir de pelos, os quadris se alargarem e o estreito pélvico assumir a forma ovoide, em vez de afunilada como no homem. Provoca o desenvolvimento das mamas e a proliferação dos seus elementos glandulares, e leva o tecido adiposo a concentrar-se, na mulher, em áreas como os quadris e coxas, dando-lhes o arredondamento típico do sexo feminino. Em resumo, todas as características que distinguem a mulher do homem são devidas ao estrogênio, e a razão básica para o desenvolvimento dessas características é o estímulo à proliferação dos elementos celulares em certas regiões do corpo.

A camada de gordura feminina é mais extensa do que a masculina. Isso porque, aliado a uma alimentação ruim e/ou à utilização de determinados medicamentos, o estrógeno contribui para a consolidação do tecido adiposo, dificultando a sua metabolização.

O estrógeno também estimula o crescimento de todos os ossos logo após a puberdade, mas promove rápida calcificação óssea, fazendo com que as partes dos ossos que crescem se extingam dentro de poucos anos, de forma que o crescimento então para. Nessa fase, a mulher cresce mais rapidamente que o homem, mas para de crescer após os primeiros anos da puberdade. Já o homem possui um crescimento menos rápido, porém mais prolongado, de modo que ele assume uma estatura maior que a da mulher. Nesse ponto também diferenciam-se mais acentuadamente os dois sexos. (IKEHATA et al., 2006). O estrógeno tem outros efeitos muito importantes no revestimento interno do útero, no endométrio e no ciclo menstrual.

### **2.1.5 Do Estradiol**

Estradiol, ou,  $17\beta$ -estradiol, é um hormônio sexual e esteroide. Ele é o principal hormônio sexual feminino. Tem grande importância na regulação dos ciclos estral e menstrual. O estradiol é primordial para o desenvolvimento e manutenção dos tecidos reprodutivos femininos, ele também tem efeitos importantes em outros tecidos, como o ósseo. (RYAN, 1982). Os níveis de estrogênio nos homens são baixos em comparação com mulheres, os estrógenos têm funções essenciais em também em homens.

O estradiol é encontrado na maioria dos vertebrados, como crustáceos, insetos, peixes e outras espécies animais. O estradiol apresenta importantes efeitos comportamentais. Altos níveis de estradiol são relacionados com uma redução do comportamento competitivo. O estrogênio ovariano biologicamente mais potente o  $17\beta$ -estradiol, está relacionado ao desenvolvimento das características secundárias sexuais femininas e a reprodução. É um estrogênio natural, contudo manufaturado em grandes quantidades para ser usado em contraceptivos orais e para a reposição hormonal. (IKEHATA et al., 2006).

Por ser um potente estrogênio, o E2 pode causar alterações no sistema endócrino de organismos vivos mesmo em baixas concentrações. A excreção diária de estrogênios pela mulher é de 106, 14 e 32  $\mu\text{g}$  de estriol,  $17\beta$  estradiol e estrona, respectivamente. Esses se encontram inativos, conjugados ao ácido glucurônico ( $17\beta$  estradiol) ou ao sulfato (estrona). O rompimento da conjugação ocorre no contato com a população de coliformes termotolerantes, produtora das enzimas glucuronidase e arilsulfatase, tornando os estrogênios lançados nos corpos d'água

biologicamente ativos. As águas captadas em mananciais superficiais podem passar por diferentes tipos de tratamentos para potabilização. Atualmente, a eficiência de um sistema convencional completo (contando com as etapas de coagulação, floculação, decantação, filtração, desinfecção e polimento) largamente utilizado no Brasil ainda não foi completamente esclarecida. (CARVALHO et al., 2009).

### **2.1.6 Efeitos no Meio Ambiente, Ecológicos e na Saúde**

Os contaminantes emergentes são uma realidade em nossa vida, mesmo parecendo inofensivos. Com o crescimento das cidades, o despejo de esgoto nos rios aumentou sua concentração na água, gerando efeitos nos animais aquáticos tais como a reprodução, alterações morfológicas, toxicidade, entre outros. Alguns estudos mostram que as substâncias podem aumentar a quantidade de indivíduos hermafrodita entre pássaros, peixes e ratos. Suspeita-se que a ingestão de água com excesso de hormônios esteja antecipando a menstruação das meninas. Ela também poderia deixar meninos mais femininos e até causar câncer. Por enquanto, nenhuma dessas hipóteses foi confirmada. A persistência, bioacumulação e transformação são os três fatores que requerem cuidado, já que os contaminantes emergentes são resistentes à degradação fotoquímica e biológica, têm mais afinidade com os tecidos animais pela água, pelo que tendem a se concentrar sobre eles. No estudo de Thompson et al. (2000), as espécies de peixes *Oryzias latipes*, *Morone saxatilis* x *Morone chrysops* e *Ictalurus punctatus* foram expostas a concentrações de 17 $\beta$ -estradiol de 10 a 100 ng. L<sup>-1</sup> por 21 dias, ocasionando a indução de vitelogenina no plasma para todas as espécies. Alguns moluscos (caramujos e lesmas) que vivem no litoral brasileiro desenvolveram anomalias no sistema reprodutivo resultante da exposição ao TBT (Tributilestanhos). Esses compostos orgânicos contendo estanho, oriundos da tinta dos cascos das embarcações, estão provocando o surgimento de órgãos masculinos em fêmeas, fenômeno conhecido como imposex – imposição sexual – que é irreversível e provoca a esterilização das espécies, podendo causar declínio nas populações de espécies mais sensíveis. Essas substâncias interferem na síntese da testosterona, causando um aumento na sua produção nas fêmeas. Essa alteração hormonal faz surgir estruturas sexuais masculinas não funcionais, mantendo-se, porém, a anatomia interna do organismo. (FERNANDEZ et al., 2002). Cientistas do Geological Survey dos Estados Unidos e da Universidade do Missouri

expuseram uma espécie de peixe de aquário, a japonesa medaka, ao 17a-ethinylestradiol um componente dos contraceptivos orais para femininos. Os cientistas afirmaram que até 68% do estrógeno de uma pílula anticoncepcional é expelido através da urina e das fezes da mulher que a utiliza, uma quantidade substancial foi encontrada em ambientes aquáticos a jusante de estações de tratamento de água, porque o tratamento de esgoto não remove a substância química tóxica. Os pesquisadores descobriram que a prole dos peixes expostos à substância química, conhecida por provocar desordens nas glândulas endócrinas, tinha um nível reduzido de fertilidade. A segunda e a terceira gerações dos peixes chegaram a ter 30% de queda em suas habilidades reprodutivas.

### **2.1.7 Da Legislação Aplicada ao Abastecimento Público**

A qualidade da água para consumo humano é uma questão extremamente importante. E, conforme a Organização Mundial da Saúde (OMS), constitui um dos principais assuntos de saúde pública, o que faz com que água de má qualidade tenha elevadíssimo potencial para gerar altos índices de doenças infecciosas, e com frequência não somente para um ou poucos indivíduos, mas toda uma população ou grande parte dela.

#### **2.1.7.1 Portaria 2914/2011**

Em dezembro de 2011, o Ministério da Saúde publicou a Portaria n. 2914, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Esta nova portaria é a quinta versão da norma brasileira de qualidade da água para consumo que, desde 1977, vem passando por revisões periódicas, com vistas à sua atualização e à incorporação de novos conhecimentos, em especial fruto dos avanços científicos conquistados em termos de tratamento, controle e vigilância da qualidade da água e de avaliação de risco à saúde.

De acordo com o Capítulo V da Portaria MS 2914, a água potável deve estar inconformidade com os padrões microbiológico, de turbidez, de substâncias químicas que representam risco à saúde, de radioatividade e de aceitação para consumo humano. A citada portaria dispõe de tabelas que estabelecem as condições.

Concretamente, o padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e o padrão organolético da Portaria 518/2004, em conjunto, regulamentavam 74 substâncias / características da água, e esse número foi elevado para 87 na Portaria 2914/2011.

A seleção dos parâmetros para a caracterização da água potável distribuída para consumo humano deve ser baseada nos constituintes identificados na fonte de abastecimento, nas características dos produtos, processos e operações utilizados no sistema de tratamento e distribuição de água potável.

Algumas mudanças principais definidas pela Portaria n. 2414/2011, que afetaram diretamente o Controle de Qualidade das águas:

- a) O limite permitido de turbidez após a filtração reduziu de 1,0 para 0,5 NTU, com prazo de quatro anos para atendimento.
- b) Deverá ser realizada uma análise de turbidez para cada análise de bacteriologia.
- c) A frequência mínima exigida de visitas a sistema de produção por poços reduziu de diária para duas vezes por semana.
- d) Foi permitido concentrações de ferro e manganês acima do VMP desde que os mesmos estejam complexados e possuam concentração máxima de 2,4 e 0,4 mg/L respectivamente.
- e) Foram inseridos 19 novos ensaios de parâmetros para monitoramento, a maioria deles orgânicos e agrotóxicos.

Quanto aos contaminantes emergentes, a citada portaria não contempla suas avaliações e controle, deixando a desejar a necessária modernização visando qualificar os instrumentos de controle.

## 2.2 SANEAMENTO AMBIENTAL (ÁGUA E ESGOTOS)

### 2.2.1 Cenário Nacional

Apesar das conquistas sociais que o Brasil experimentou na última década, ainda falta muito para avançar na questão do saneamento básico. Um levantamento do Instituto Trata Brasil mostra que o país não conseguirá alcançar a universalização do sistema nos próximos 20 anos se o trabalho de implantar serviços de água e esgoto continuar no ritmo observado. A pesquisa, chamada de Ranking do Saneamento

Básico nas 100 Maiores Cidades, inclui os dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) do ano base de 2014. A conclusão aponta para uma lentidão nos investimentos no saneamento por parte das três esferas de governo (nacional, estadual e municipal). Serviço altamente deficitário, o atendimento com redes coletoras de esgotos para a população urbana apresenta um índice médio muito aquém do desejável (56,1%), enquanto a média nacional de tratamento dos esgotos gerados é de 38,7%.

Este cenário, considerado precário mesmo quando comparado com países da América Latina, é reflexo de investimentos insuficientes no setor. Publicado em dezembro de 2013, o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) previa metas e recursos financeiros da ordem de R\$ 304 bilhões, ou seja, aproximadamente R\$15,2 bilhões por ano, até 2033, para que o país alcance a universalização dos serviços de água e esgoto, entretanto o Brasil não vai conseguir universalizar o saneamento básico na primeira metade do século 21. Estudo elaborado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), projeta que apenas em 2054 todos os brasileiros terão direito a morar num local com água encanada e tratamento de esgoto. (CNI, 2016).

O maior motivo para que o saneamento não melhore no Brasil é a falta de investimento. Para solucionar o problema, é preciso investir o que foi arrecadado com os serviços em melhorias, como construção de estações de tratamento de esgotos nas cidades, também é preciso que as residências sejam ligadas a uma rede coletora de esgoto eficiente que levem este material até as estações, visto que em algumas cidades, há estação de tratamento, porem grande parte de suas residências não estão ligadas a rede coletora, o que torna as estações de tratamento apenas estruturas que não têm sua eficiência otimizada, tratando apenas uma porcentagem de sua capacidade total. Em resumo, o quadro mostra que ainda falta muito a ser feito para melhorar o cenário do saneamento básico no Brasil, tanto em capitais como nas cidades de regiões metropolitanas e do interior.

### **2.2.2 Cenários da Bacia Hidrográfica do Rio Dos Sinos**

Nas áreas urbanas da Bacia do Rio dos Sinos predomina o sistema de disposição de efluentes domésticos em fossas sépticas, com 60% dos domicílios urbanos sendo atendimentos por este tipo de disposição. O percentual de coleta de efluentes domésticos é de 15%, incluindo, nesse percentual, coleta em rede de esgoto e coleta em rede mista. Cabe destacar que nem todo efluente coletado é tratado, destes apenas 6% recebe tratamento, o restante é despejado in natura na rede hídrica da bacia. A situação dos sistemas de esgotamento sanitário na Bacia do Rio dos Sinos é similar à verificada no restante do Estado, com baixo índice de tratamento dos esgotos domésticos. Da população urbana total da bacia, apenas 4,5% conta com sistema de coleta e tratamento de esgotos. A intensidade do impacto do lançamento de efluentes direto nos corpos hídricos é proporcional à população urbana, portanto, as maiores alterações de qualidade nos cursos d'água são observadas a jusante das maiores áreas urbanas da bacia. A Tabela 2 ilustra aspectos do saneamento básicos dos municípios da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos.

(Continua)

Tabela 2 – Dados de saneamento dos municípios da Bacia do Rio dos Sinos (SNIS, 2014)

Município	Área do município na bacia	População (IBGE, 2014)	Receita com água (R\$)	Receita com esgoto (R\$)	Investimento em esgotos (R\$)	População atendida por rede de tratamento de esgoto	Rede de esgoto tratado (%)
Araricá	99%	5.195	-	0	0	2.000	38,5
Cachoeirinha		118.278	32.307.844,84	6.233.366,91	1.103.074,15	57.187	48,3
Campo Bom	100%	63.339	13.990.706,60	1.923,51	34.518,38	97	0,2
Canela	59%	41.682	12.773.318,51	725.255,90	1.164.009,92	5.068	12,2
Canoas	56%	338.531	94.074.343,58	6.297.403,73	5.525.226,45	72.430	21,4
Capela de Santana		11.613	602.689,54		6.068,99		0,0
Caraá	100%	7.312	0	0	0	0	0,0
Dois Irmãos		27.572	7.334.691,48				0,0
Estância Velha	94%	44.335	8.985.384,52	0	155.572,24	1.370	3,1
Esteio	100%	83.700	21.883.225,08	349.579,06	23.419.857,80	4.042	4,8
Glorinha		7.443	1.202.214,92		4.422.011,93		0,0
Gramado	32%	34.110	15.606.722,52	1.599.595,56	1.657.767,76	7.652	22,4
Gravataí		228.093	50.631.363,41	6.698.957,59	149.959,35	60.311	26,4
Igrejinha	93%	32.146	6.991.469,18	0	0	887	2,8
Ivoti		19.874					0,0
Nova Hartz	98%	18.346	0	0	0	0	0,0
Nova Santa Rita	42%	22.716	2.559.156,84	0	59.931,40	0	0,0
Novo Hamburgo	100%	243.486	50.031.636,21	523.889,72	3.222.729,40	9.222	3,8
Osório		43.897	10.274.637,79	11.483,02	2.708.797,23	116	0,3
Parobé	100%	54.599	6.601.617,34	0	17.771,19	0	0,0

Município	Área do município na bacia	População (IBGE, 2014)	Receita com água (R\$)	Receita com esgoto (R\$)	Investimento em esgotos (R\$)	<i>(Conclusão)</i>	
						População atendida por rede de tratamento de esgoto	Rede de esgoto tratado (%)
Portão	86%	33.212	3.029.218,31	0	58.264,33	0	0,0
Riozinho	99%	4.531	560.556,59	0	0	0	0,0
Rolante	100%	20.479	2.986.731,73	0	0	0	0,0
Santa Maria do Herval		6.053	516.642,59				0,0
Santo Antônio da Patrulha	33%	41.579	6.757.154,40	0	0	0	0,0
São Francisco de Paula	11%	20.537					0,0
São Leopoldo	100%	224.626	58.000.549,31	4.877.165,43	2.508.903,26	31.488	14,0
São Sebastião do Caí		24.676	4.293.737,44				0,0
Sapiranga	59%	78.718	13.622.487,56	0	70.974,38	0	0,0
Sapucaia do Sul	100%	137.104	33.425.602,22	334.527,73	414.587,03	6.619	4,8
Taquara	93%	56.896	10.713.914,31	0	1.747,67	0	0,0
Três Coroas	94%	25.505	4.820.527,24	0	19.079,62	0	0,0

Fonte: Da autora.

Os dados obtidos na Pesquisa do Sistema Nacional de Saneamento (SNIS, 2014) indicam que apenas 6,3% do esgoto gerado pelos municípios são adequadamente recolhidos e tratados.

No ano de 2014 foram arrecadados mais de R\$ 474 milhões com a cobrança da água e R\$276 milhões com a cobrança pelos serviços de tratamento de esgotos, com investimentos de R\$ 46 milhões na ampliação do tratamento, significando menos de 10% de todo o montante arrecadado.

Esse contexto caracteriza-se como histórico, demonstrando a falta de sintonia das companhias de saneamento com as mudanças necessárias para melhoria da qualidade ambiental e saúde da população.

O grave quadro demonstra a necessidade de fortes investimentos na coleta e tratamento dos efluentes gerados pela população da bacia visando alterar a realidade ambiental da bacia dos Sinos.

## 2.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA ÁGUA

Dentre os parâmetros associados a qualidade das águas superficiais destacamos:

**Temperatura:** Influencia sobre outras propriedades, acelera reações químicas, reduz a solubilidade dos gases, acentua a sensação de sabor e odor. (RICHTER; NETTO, 2005).

**Condutividade elétrica:** De acordo com Lemke-de-Castro et al. (2011, p. 191), “qualquer íon com carga elétrica presente em uma solução contribui para a condutância total. A condutividade elétrica é utilizada para determinar as concentrações iônicas”. A condutividade é a capacidade que a água tem de conduzir corrente elétrica.

## 2.4 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DA ÁGUA

**pH:** Segundo Libâno (2008, p. 30), “O potencial hidrogeniônico (pH) consiste na concentração dos íons  $H^+$  nas águas e representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas do ambiente aquático”. Por ser o parâmetro com maior interferência em diversos processos de potabilização, talvez seja o mais utilizado no monitoramento na rotina operacional de tratamentos. (LIBÂNO, 2008).

**Oxigênio dissolvido (OD):** Representa a quantidade de oxigênio dissolvido na água. Segundo Libânio (2008, p. 34), “A redução do OD pode ocorrer por razões naturais principalmente pela respiração dos organismos presentes no ambiente aquático, mas também por perdas para a atmosfera, mineralização da matéria orgânica e oxidação de íons”.

## 2.5 QUALIDADE DAS ÁGUAS DO RIO DOS SINOS

### I-Índice de Qualidade das Águas - IQA (NSF):

O Índice de Qualidade das Águas foi criado em 1970, nos Estados Unidos, pela *National Sanitation Foundation*. A partir de 1975 começou a ser utilizado pela CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo). Nas décadas seguintes, outros Estados brasileiros adotaram o IQA, que hoje é o principal índice de qualidade da água utilizado no País. (FEPAM, 2016). O Quadro 1 ilustra a composição do IAQ por peso dos parâmetros utilizados.

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos. A avaliação da qualidade da água obtida pelo IQA apresenta limitações, já que este índice não analisa vários parâmetros importantes para o abastecimento público, tais como substâncias tóxicas (exemplo: metais pesados, pesticidas, compostos orgânicos), protozoários patogênicos e substâncias que interferem nas propriedades organolépticas da água, conforme ilustra o Quadro 1.

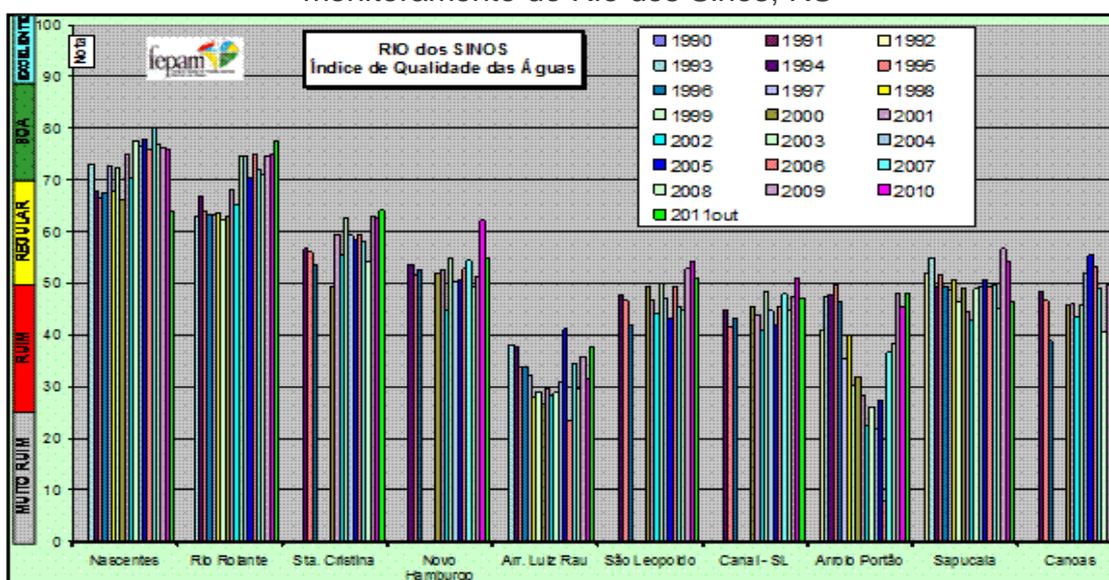
Quadro 1 – Parâmetros de Qualidade da Água do IQA e respectivo peso

<b>Parâmetro de Qualidade da Água</b>	<b>Peso (W)</b>
Oxigênio dissolvido	0,17
Coliformes termotolerantes	0,15
Potencial hidrogeniônico - pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO5,20	0,10
Temperatura da água	0,10
Nitrogênio total	0,10
Fósforo total	0,10
Turbidez	0,08
Resíduo total	0,08

Fonte: Da autora.

O IQA é composto por nove parâmetros com seus respectivos pesos (w), conforme tabela acima, que foram fixados em função da sua importância para a conformação global da qualidade da água. O Plano de Monitoramento realizado pela FEPAM avalia a qualidade das águas do Rio dos Sinos em 10 localidades, iniciando no município de Caraá e finalizando na Ponte Tabai/Canoas. A Figura 3 ilustra a situação do IAQ de 1990 até 2011, quando o órgão ambiental não mais atualizou os dados do monitoramento.

Figura 3 – Índice de Qualidade das Águas (IQA), valores anuais dos locais de monitoramento do Rio dos Sinos, RS



Fonte: Fepam, 2016.

Segundo informações da FEPAM (2016), o trecho superior, desde as nascentes do rio dos Sinos, em Caraá, até a localidade de Santa Cristina apresenta predominância de notas de qualidade entre Regular e Boa, com notas variando entre 51 e 80. O ponto do rio Rolante vem apresentando médias anuais com nota Boa desde 2003. As notas seguem na faixa Regular até a captação de Novo Hamburgo (ponte para Lomba Grande), mas nota-se que os valores destas notas decrescem ao longo do percurso do rio.

A foz do arroio Luiz Rau, que drena a área central de Novo Hamburgo, apresenta qualidade média na faixa Ruim com notas em torno de 30. O trecho seguinte, de Novo Hamburgo até São Leopoldo incluindo o canal João Correia, está na faixa Ruim, mas não apresenta tendência de queda na qualidade, e as notas médias situam-se entre 40 e 50.

A foz do arroio Portão-Estância Velha (drena cerca de 40 curtumes de Portão e Estância velha), apresenta decréscimo de qualidade, com tendência à faixa Muito Ruim (inferior a 25). Em 2007 e 2008 as notas subiram em relação aos anos anteriores.

O trecho final, compreendido entre Sapucaia e a foz dos Sinos, apresentam qualidade que varia entre Ruim e Regular, e não apresenta tendência de decréscimo. Portanto, as piores notas foram encontradas junto aos arroios Luiz Rau e Portão.

Portanto, o IQA da Bacia Hidrográfica revela a grave poluição lançada a partir do município de Parobé (Santa Cristina), decaindo de uma condição boa para regular e ruim a partir de Novo Hamburgo. A capacidade de autodepuração do Rio não é suficiente para absorver os impactos dos poluentes, mantendo-se na categoria regular e ruim até a foz no município de Canoas. Em diversos períodos o IQA apresentou-se como muito ruim nos municípios de Novo Hamburgo e Portão.

### **3 MATERIAIS E MÉTODO**

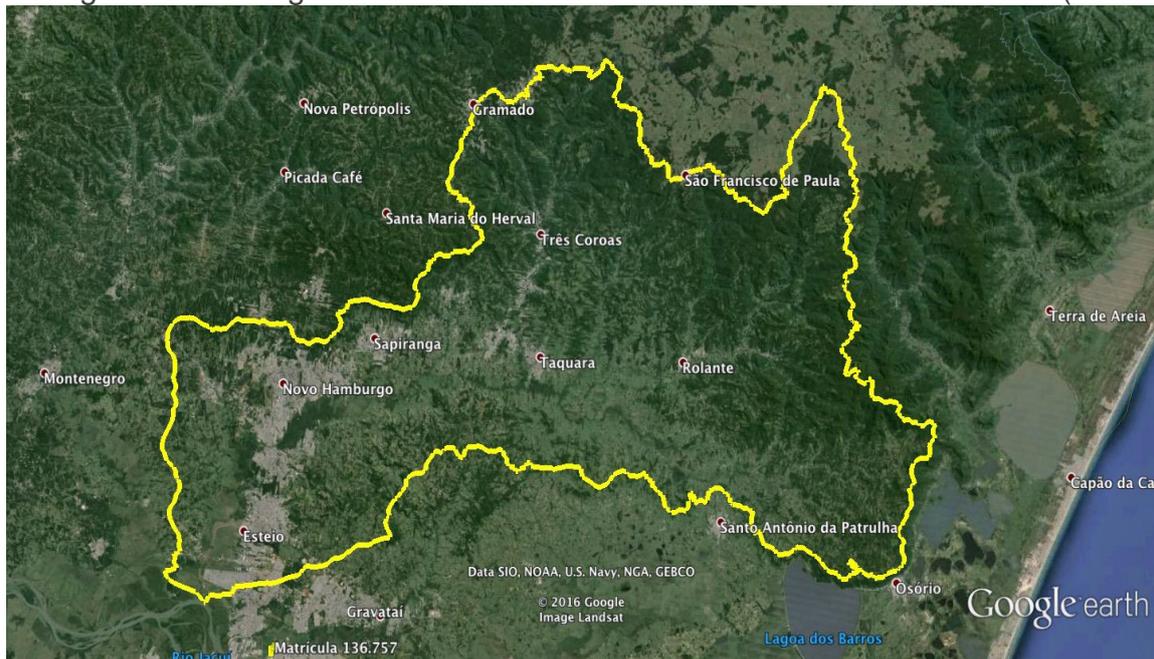
#### **3.1 PESQUISA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Foi realizada uma ampla revisão de trabalhos já realizados sobre o tema abordado em artigos, monografias, teses, mídias eletrônicas, leis e outros materiais confiáveis utilizando o “Google Acadêmico” e “*Web of Science*” para consulta utilizando a expressão contaminantes emergentes, água potável e bacia hidrográficas, tanto em português como inglês, subsidiando a definição dos parâmetros analíticos a serem realizados em campo.

#### **3.2 AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES AMBIENTAIS DE QUATRO PONTOS DE AMOSTRAGEM**

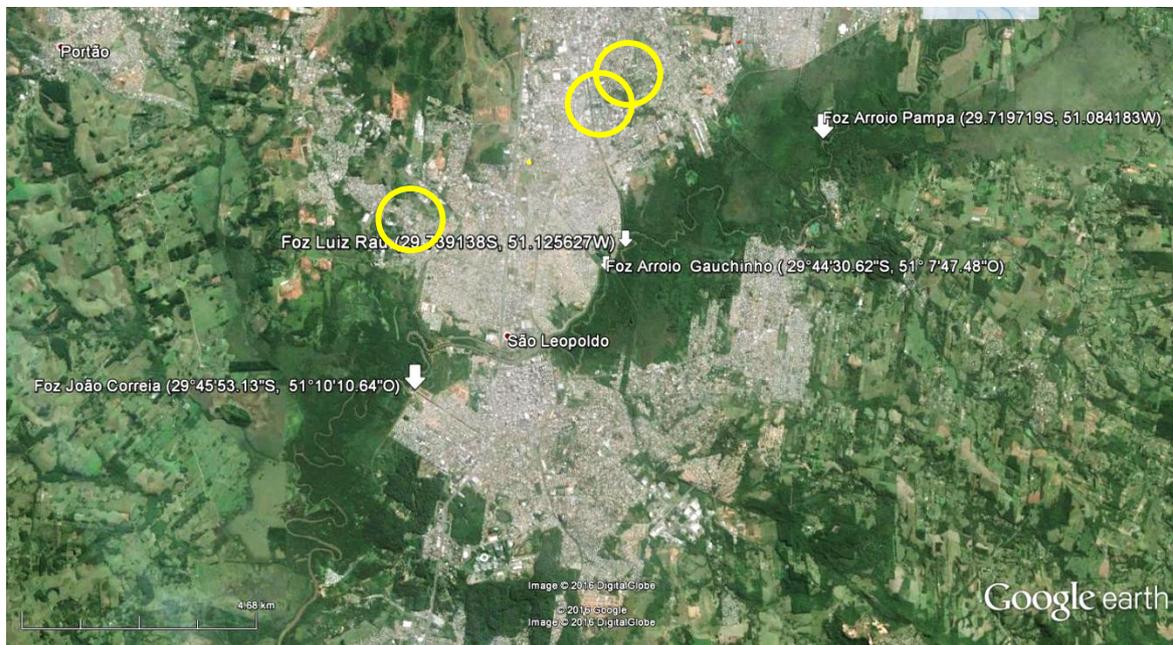
O presente trabalho estabeleceu como áreas prioritárias para investigação da qualidade ambiental e das águas superficiais 4 pontos com elevado grau de antropização, situados entre os municípios de Campo Bom e São Leopoldo, conforme ilustra a Figura 4. Os locais definidos situam-se na porção médio inferior do Rio dos Sinos e se caracterizam pela conspícua condição de degradação proveniente do processo de urbanização.

Figura 4 – Vista geral da bacia do Rio dos Sinos e da área de estudos (círculo)



Fonte: Google Earth, 2016.

Figura 5 – Localização dos Pontos avaliados e de coleta de amostras de água superficial no trecho médio inferior do Sinos



Fonte: Google Earth, 2016.

### 3.3 Coletas de Amostras e Avaliações Físico-químicas de Água Superficial entre os Municípios de Campo Bom, Novo Hamburgo e São Leopoldo

A área de estudo está dentro do trecho médio inferior do Rio dos Sinos entre os municípios de Campo Bom, Novo Hamburgo e São Leopoldo.

A população total da área investigada é de 536.451 mil habitantes sendo, possuindo Campo Bom 63.339 mil habitantes distribuídos em uma área de 60,510 km<sup>2</sup>; Novo Hamburgo com 243.486 mil habitantes em um território de 223,821 km<sup>2</sup> e São Leopoldo com uma população de 224.626 habitantes num território de 102,738 km<sup>2</sup> (IBGE 2014).

A escolha dos pontos de amostragem visou recolher amostras de ambientes fortemente influenciados pelos esgotos não tratados dos municípios de Campo Bom, Novo Hamburgo e São Leopoldo, incluindo mananciais que recebem despejos industriais, esgotos domésticos, águas de drenagem agrícola ou urbana. Neste projeto, foram amostrados quatro pontos que caracterizam a foz de arroios importantes na Bacia do Rio dos Sinos

- a) **Ponto 1 – Arroio Pampa:** O arroio Pampa nasce na divisa do município de Novo Hamburgo com Campo Bom, passando pelo pelos bairros São José, São Jorge e Canudos, desembocando no Rio dos Sinos na divisa com Campo Bom. Compreende cerca de 8 quilômetros de extensão dentro do município de Novo Hamburgo. A mata ciliar está presente apenas na porção da nascente e praticamente inexistente no trecho de Novo Hamburgo. Caracteriza-se com um dos arroios mais poluídos do município, com suas condições ambientais alteradas pelos lançamentos de esgoto e lixo doméstico.

**Coordenadas:** 29.71951 S 51.08451º,

- b) **Ponto 2 – Arroio Luiz Rau:** O arroio Luiz Rau tem suas nascentes situadas no bairro Roselândia, na divisa de Novo Hamburgo com Estância Velha, possuindo uma extensão aproximada de 13 mil metros, perpassando os bairros Roselândia, Operário, Vila Rosa, Centro, Rio Branco, Pátria Nova, Ideal, Ouro Branco, Industrial e Santo Afonso, e por fim desemboca no Rio dos Sinos. Tem como afluentes principais os arroios Sanga Funda, Guarani, Nicolau Becker e Marquês de Olinda. Este

último afluente, a jusante do arroio, nasce dentro da Sede campestre do Grêmio atiradores e desemboca no Luiz Rau, além de uma grande carga de lixo e esgoto cloacal, ainda recebe efluentes líquidos industriais.

**Coordenadas:** 29.73862 S 51.12573O,

- c) **Ponto 3 – Arroio Gauchinho:** O arroio Gauchinho nasce no bairro Primavera, a nascente principal está canalizada (cerca de 780 metros) até o fim da urbanização, tendo o seu leito visível apenas atrás da Escola Liberato. O percurso do arroio tem aproximadamente 7 milímetros, passa pelos bairros Primavera, Liberdade e Santo Afonso, desembocando na lagoa da casa de bombas n. 5, junto ao dique e posteriormente no Rio dos Sinos, na divisa com São Leopoldo. A partir da BR-116, o arroio este bem impactado, pois recebe maior carga de esgoto doméstico e efluentes industriais, como também lixo doméstico oriundo das edificações irregulares que ocupam suas margens.

**Coordenadas:** 29.74257 S 51.122959O,

- d) **Ponto 4 – Arroio João Corrêa:** Nasce no Bairro Duque de Caxias, com água límpida e cristalina, ao longo de seu curso que passa pelos bairros: Santa Tereza, Jardim América, Padre Réus, Cristo Rei, Morro do Espelho, Centro, São Miguel, Vicentina, Fião e São João Batista. Vai acumulando resíduos sólidos nas suas margens não canalizadas, também recebe influência de esgoto sem nenhum tipo de tratamento, grande parte do seu curso foi canalizada na década de 80, sendo hoje utilizado como uma forma de escoamento para esgoto urbano residencial. Em dias de chuva intensa, o lixo acumula na sua casa de bombas, causando transtornos para a população local, hoje pode ser considerado o arroio mais poluído de São Leopoldo.

**Coordenadas:** 29.76474 S 51.1691O.

Para as avaliações físico-químicas, procedeu-se a avaliação da qualidade das águas com uso de Sonda multiparâmetro AK 88 para avaliação do pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade e temperatura de amostras de água superficial, bem como da coleta de amostra para avaliação da presença de estradiol. Para possibilitar as avaliações e coletas de amostras, utilizou-se embarcação fornecida pela Fundação Municipal do Meio Ambiente de Gravataí, tendo como condutor o Sr. Paulo Müller. A embarcação foi lançada na Prainha Vitor Mateus Teixeira em Novo Hamburgo,

deslocando-se até os pontos de coleta. Os dados recolhidos pela avaliação com Sonda Multiparâmetro foram registradas em planilha de campo e posteriormente transferidas para planilha Excel.

As coletas de amostras para avaliação da presença de estradiol foram realizadas com frascos adequados, procedendo-se a coleta na foz dos arroios Pampa, na divisa entre os municípios de Campo Bom e Novo Hamburgo; foz do arroio Luiz Rau em Novo Hamburgo; foz do arroio Cerquinha, na divisa entre os municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo e na Foz do Canal do arroio João Correa, junto ao município de São Leopoldo, seguindo o *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*, NBR 9897, que dispõe sobre o planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpo receptor e NBR 9898, que dispõe sobre a preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores.

As coletas foram realizadas no dia 13/05/2016 efetivadas mediante supervisão do orientador (técnico habilitado), utilizando EPIs. As amostras foram acondicionadas em caixas térmicas visando garantir a maior conservação e precisão das análises laboratoriais e resultados. Devido às fortes chuvas ocorridas na região desde o mês de março de 2016 encontrou-se dificuldades para obter amostras mais concentradas dos esgotos e efluentes provenientes dos arroios investigados, comprometendo os resultados das avaliações de estradiol. As amostras recolhidas em frascos adequados foram remetidas para o Laboratório Pró-Ambiente, situado no município de Porto Alegre. A metodologia analítica se deu através da cromatografia gasosa eficiente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 SITUAÇÕES DO RIO DOS SINOS E DOS ARROIOS INVESTIGADOS

A Foto 2, obtida no dia 13/05/2016 ilustra a situação do arroio Pampa, nos limites dos municípios de Campo Bom e Novo Hamburgo. Devido ao elevado nível do Rio dos Sinos no dia das coletas de amostras, as águas encontravam-se represadas, com acúmulo de lodos flotados junto às margens. A coloração escura das águas e o forte odor presente denunciava a alta carga de esgotos não tratados lançados diretamente no Sinos.

Foto 2 – Vista geral do Ponto 1 junto a foz Arroio Pampa na divisa de Campo Bom com Novo Hamburgo

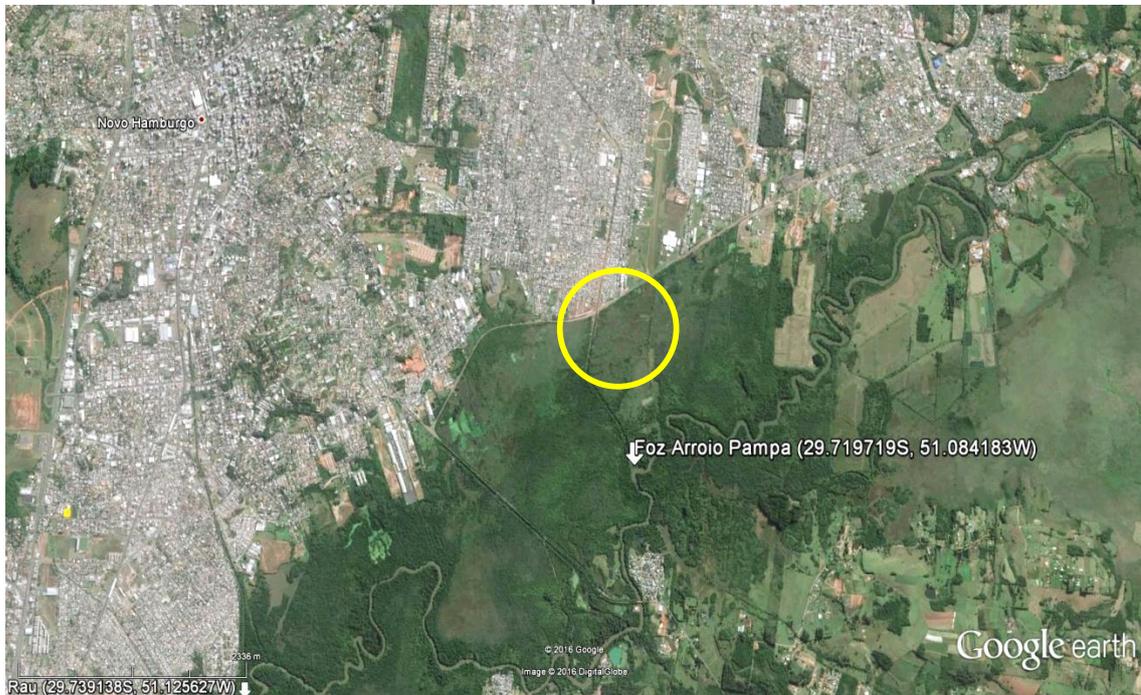


Fonte: Da autora.

Em situação de baixa vazão as condições ambientais sofrem forte deterioração, destacando-se o fato de que esse ponto se situa a menos de 1 quilômetro da captação da COMUSA. Esse ponto caracteriza-se como de alta gravidade do ponto de vista do recebimento dos poluentes, uma vez que toda a carga poluidora proveniente dos bairros Canudos, São José e de parte do município de Campo Bom (Figura 6), com população superior a 120 mil habitantes são direcionados

para esse arroio, sendo parte das águas captadas a jusante para posterior tratamento e distribuição.

Figura 6 – Vista da situação de forte urbanização e localização da foz do arroio Pampa



Fonte: Google Earth, 2016.

Já na divisa entre o Município de Novo Hamburgo e São Leopoldo procedeu-se a coleta de amostra proveniente do arroio Luiz Rau, constatando-se situação similar àquela verificada anteriormente. A Foto 3 ilustra os aspectos gerais constatados no dia das coletas, destacando-se da mesma forma o elevado nível do Sinos. As águas se revelaram escura com forte odor de esgotos, flotação de materiais que se acumulavam nas margens junto a foz.

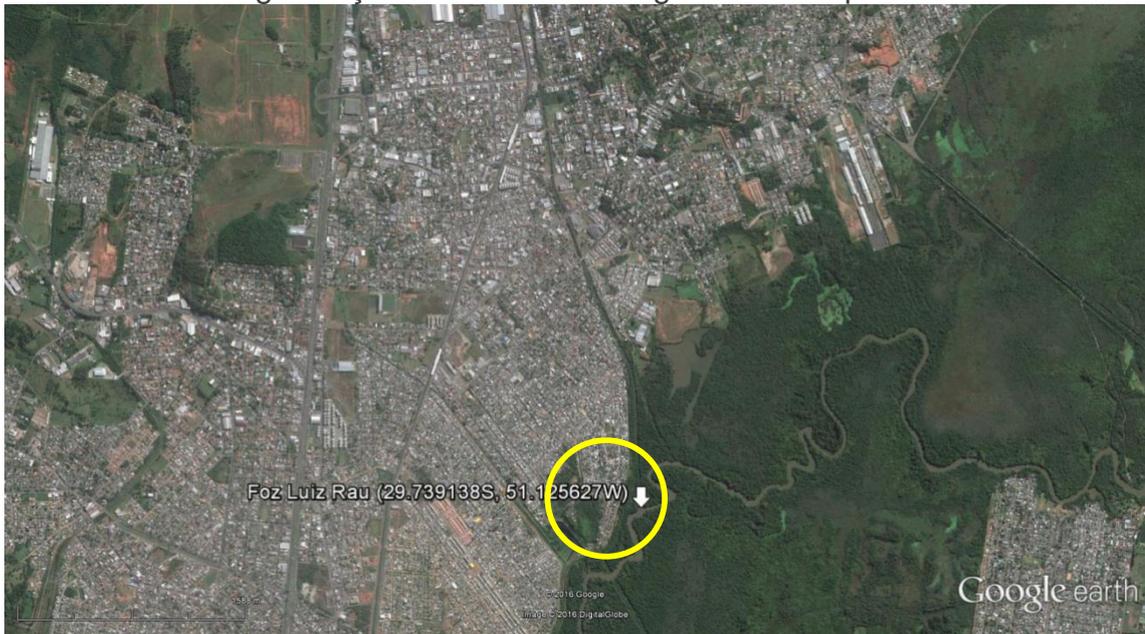
Foto 3 – Vista geral da foz do arroio Luiz Rau (ponto 2) no município de Novo Hamburgo



Fonte: Da autora.

O ponto 02 revelou-se de grande importância na pesquisa para investigação da qualidade das águas e presença de contaminantes emergentes diante do fato de que estas desagüam cerca de 1,5 quilômetro acima da captação do SEMAE de São Leopoldo. O arroio Pampa recebe as águas de cerca de 1/3 da superfície territorial de Novo Hamburgo, recendo as águas provenientes dos bairros Roselândia, Vila Rosa, Pátria Nova, Liberdade e Santo Afonso, com uma população estimada de 100 mil habitantes. Tal situação se revela de grande gravidade, uma vez que no município de Novo Hamburgo apenas 4% dos esgotos recebem algum tipo de tratamento. Além disso o arroio Luiz Rau é receptor de grande quantidade de efluentes tratados ou não provenientes do polo industrial da cidade, que agrega empresas do setor químico, galvanoplastia, têxtil, coureiro/calçadista e de alimentos. Segundo o monitoramento realizado pela FEPAM, trata-se de um dos pontos mais críticos da Bacia do Sinos, com forte contaminação por metais pesados e coliformes termotolerantes (Figura 5).

Figura 7 – Vista geral da localização da foz do arroio Pampa (ponto 2) e da forte organização de Novo Hamburgo e São Leopoldo



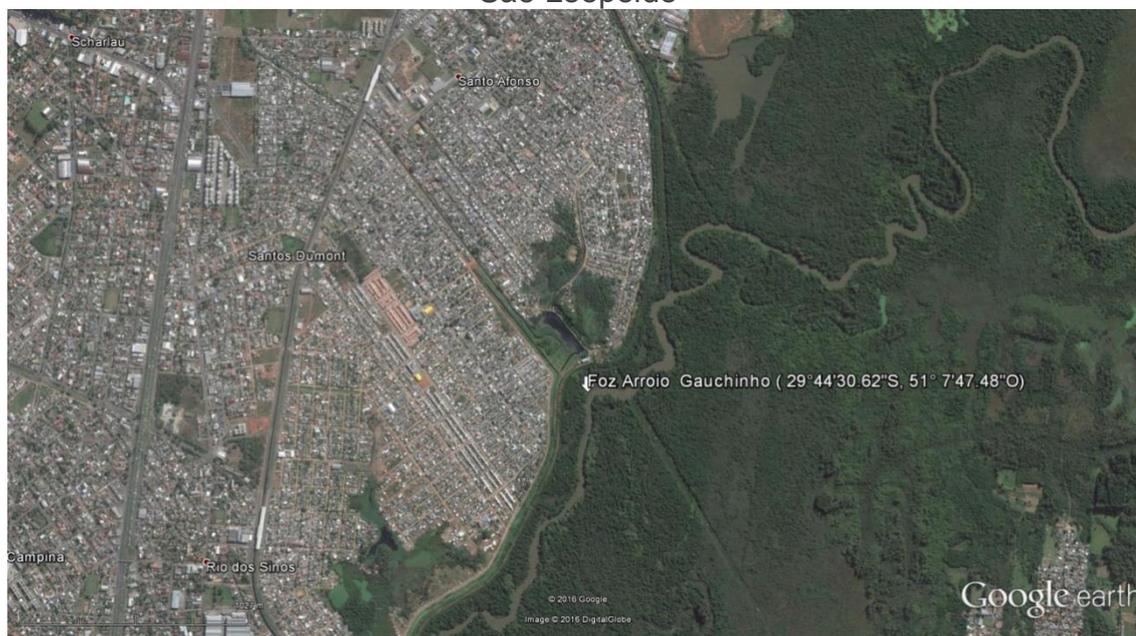
Fonte: Google Earth, 2016).

Foto 4 – Situação arroio Gauchinho, na divisa dos municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo



Fonte: Da autora.

Figura 8 – Vista da foz do arroio Gauchinho (ponto 3) e do forte processo de organização dos bairros Santo Afonso de Novo Hamburgo de Santos Dumond de São Leopoldo



Fonte: Google Earth, (2016).

Da mesma forma que o ponto, 02 a foz do arroio Gauchinho revela-se de grande importância na pesquisa para investigação da qualidade das águas e presença de contaminantes emergentes uma vez que as mesmas desaguam cerca de 1 quilômetro acima da captação do SEMAE de São Leopoldo. O arroio Gauchinho recebe as águas de cerca de 1/4 da superfície territorial de Novo Hamburgo, recendo as águas provenientes dos bairros Liberdade, parte do bairro Boa Saúde, Santo Afonso e Santos Dumond (São Leopoldo), com uma população estimada de 80 mil habitantes. O arroio Gauchinho recebe quantidades expressivas de esgotos não tratados, tanto de Novo Hamburgo como de São Leopoldo, além de efluentes industriais de ambos os municípios. Não raras vezes há forte formação de espumas no ponto de bombeamento junto ao Dique de Novo Hamburgo.

Foto 5 – Vista da situação constatada na foz do arroio Gauchinho, após a casa de Bombas do Bairro Santo Afonso. Espumas estavam presentes no dia da coleta



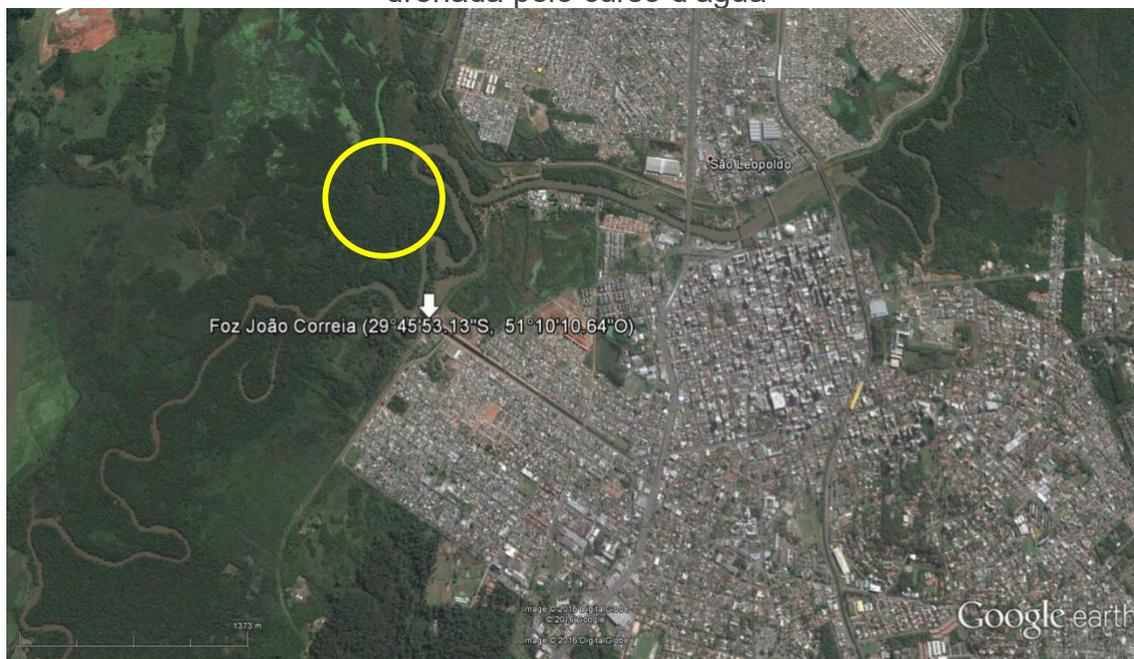
Fonte: Da autora.

Foto 6 – Vista geral da foz do arroio João Correa (ponto 4). Observar a grande quantidade de espumas que tomavam o canal após a Casa de Bombas



Fonte: Da autora.

Figura 9 – Localização da foz do arroio João Correa (ponto 4) e da forte urbanização drenada pelo curso d'água



Fonte: Google Earth, 2016.

A foz do Canal do Arroio João Correa se constitui num dos pontos mais críticos do trecho médio inferior do Sinos (ponto 4), uma vez que concentra os esgotos não tratados de mais de 50% do município de São Leopoldo. Em diversos momentos constata-se a forte coloração escura dos esgotos não tratados e efluentes provenientes da porção central do município. No dia da coleta as condições ambientais se revelaram bastante precárias, com uma camada de espuma cobrindo quase toda a porção terminal do canal, logo após a Casa de Bombas.

#### 4.2 RESULTADOS DOS PARÂMETROS ANALÍTICOS OBTIDOS EM CAMPO

Tabela 3 – Ilustra os resultados obtidos nas avaliações da qualidade das águas nos pontos de coleta

Parâmetro	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04
OD (mg/L)	<b>3,07</b>	<b>3,05</b>	8,09	5,04
pH	7,83	7,64	7,28	7,47
Temperatura (°C)	20,7	19,3	18,3	19,2
Condutividade (uS/mL)	<b>578</b>	<b>289</b>	152	27

Fonte: Da autora.

A utilização dos parâmetros analíticos obtidos em campo descritos na Tabela 3, apesar de sua simplicidade e facilidade de obtenção possibilitam uma avaliação preliminar das graves condições ambientais constatadas na foz dos quatro arroios investigados.

Quanto ao oxigênio dissolvido verificou-se reduzidas concentrações no Ponto 1 e 2, confirmando as precárias condições constatadas nas avaliações ambientais acima descritas. Devido à alta carga de poluentes, o oxigênio é consumido por reações químicas, causando a redução de sua concentração. Conforme disposições da Resolução CONAMA 357/05, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências os valores de Oxigênio dissolvido indicam classe III, com impactos importantes na biodiversidade. Os valores encontrados classificam as águas nos limites definidos para uso para consumo humano. Esses resultados foram influenciados pelo elevado nível do Sinos, considerando as avaliações realizadas a montante de cada ponto de coleta. A Tabela 4 ilustra as condições avaliadas a montante dos pontos de coleta 2 e 4.

O pH não apresentou variações importante em todos os pontos avaliados.

A temperatura mostrou-se sensível quanto ao volume de cada arroio, variando quando comparados entre si.

A condutividade elétrica da água representa a facilidade ou dificuldade de passagem da eletricidade na água. Os compostos orgânicos e inorgânicos contribuem ou interferem na condutividade, de acordo com sua concentração na amostra, e a correta representação da temperatura possui um fator preponderante na medição correta da condutividade elétrica.

Tabela 4 – Parâmetros obtidos a montante dos pontos de coleta P2 e P4

Parâmetro	Montante Ponto 2	Ponto 02	Montante Ponto 4	Ponto 04
OD (mg/L)	6,6	3,05	5,09	5,04
pH	7,99	7,64	7,54	7,47
Temperatura (°C)	18	19,3	18,2	19,2
Condutividade (uS/mL)	64	289	80	27

Fonte: Da autora.

Valores de condutividade elétrica da água são utilizados há décadas como indicativos indiretos da qualidade da água. A medida de condutividade na “água

destilada” ou “água deionizada”, revelam a condutividade próximo a zero uS/cm<sup>2</sup>, o que indica que a água é um isolante elétrico. A condutividade elétrica numa amostra de água é representada em sua maioria por sólidos dissolvidos em água, dos quais se destacam dois tipos: compostos iônicos e compostos catiônicos. Os compostos iônicos (cargas negativas, que possuem elétrons livres na camada de valência) são sólidos que se dissolvem em água e caracterizados como sendo cloretos, sulfatos, nitratos e fosfatos. Por sua vez os compostos catiônicos e aniônicos permitem a passagem da eletricidade, porém em quantidades diferentes para cada material.

Nas avaliações realizadas identificaram-se níveis elevados de condutividade elétrica na foz dos arroios Pampa e Luiz Rau, podendo-se inferir, mesmo que indiretamente a considerável concentração de poluentes, uma vez os valores encontrados a montante dos dois pontos investigados (Tabela 5).

#### 4.3 AVALIAÇÃO DO ESTRADIOL NAS ÁGUAS SUPERFICIAIS DO RIO DOS SINOS

A Tabela 5 ilustra os resultados encontrados na amostra realizada no dia 13/05/2016.

Tabela 5 – Resultados das amostras de água superficial para estradiol

Parâmetro	Ponto 01	Ponto 02	Ponto 03	Ponto 04
Estradiol (ug/ml)	ND	ND	ND	ND

Fonte: Da autora.

Nos pontos amostrados não foi detectada a presença do Estradiol. Tal situação se revelou previsível devido à grande diluição da água em função do nível do Rio dos Sinos. No momento da coleta a régua da COMUSA em Novo Hamburgo marcava nível de 3,3 metros, sendo que o nível normal se caracteriza próximo aos 2,5 metros. Mesmo não verificando a presença do estradiol nestas amostras não se pode afirmar que este contaminante emergente não esteja presente nas águas do Rio dos Sinos. Devido ao pequeno aperte de recursos financeiros disponibilizados, não foi possível avaliar outros hormônios similares ao estradiol. Novas coletas serão realizadas no segundo semestre de 2016 para avaliar a presença dessas substâncias e de outros contaminantes.

A síntese dos fármacos pela indústria farmacêutica implica na necessidade de eles serem biologicamente ativos e, portanto, podem apresentar efeitos em organismos terrestres e aquáticos mesmo em concentrações traço.

Apesar de existirem pesquisas sobre os efeitos agudos de fármacos nestes organismos, dados sobre efeitos crônicos são escassos. (FENT et al. 2006). Os efeitos ambientais da maioria dos fármacos têm sido observados somente em condições de laboratório, onde as escassas avaliações de risco usando testes de toxicidade têm mostrado que as concentrações de alguns fármacos encontradas no ambiente são suficientes para representar risco a organismos aquáticos, como a *Daphnia magna*. (BOUND et al., 2006).

Zhou et al. (2009) revelaram que dados sobre concentrações máximas para fármacos em meio aquático são limitados e frequentemente relacionados a ensaios de toxicidade de um único composto em um único organismo teste, e ainda estão limitados a avaliação dos efeitos agudos.

Outro ponto destacado pelos autores é o impacto causado pela sinergia de diferentes fármacos no ambiente, que pode resultar em efeitos de toxicidade mais agudos do que aqueles causados por um determinado composto sozinho.

Flaherty e Dodson (2005) mostraram que misturas de diferentes compostos se comportam de forma imprevisível em meio aquático, e causam sérios efeitos em *Daphnia magna*, como deformidades e aumento na mortalidade. Os efeitos ambientais mais sérios têm sido observados em relação aos interferentes endócrinos, tais como o hormônio 17 $\alpha$ -estradiol, que pode ocasionar a **efeminação em peixes expostos a concentrações menores que 1 ng/L** (LANGE, 2001).

Segundo Silva (2009), alguns dos poluentes emergentes são persistentes, enquanto outros são rapidamente degradados no ambiente. Ainda, estes compostos apresentam uma variedade de rotas de exposição no ambiente, dependendo das suas propriedades físico-químicas inerentes, das condições externas em que são utilizados, das condições ambientais, do conteúdo microbiológico, dentre outros.

Estudos conduzido por Sodré et al. (2010) analisaram a presença de estigmasterol, colesterol, bisfenol A, cafeína, estrona e 17 $\beta$ -estradiol em amostras de água de abastecimento na cidade de Campinas, SP. Enquanto a estrona e o 17 $\beta$ -estradiol foram detectados **apenas em períodos de estiagem e abaixo dos limites de quantificação**, o estigmasterol apresentou a concentração mais elevada ( $0,34 \pm 0,13 \mu\text{g/L}$ ), seguido pelo colesterol ( $0,27 \pm 0,07 \mu\text{g/L}$ ), cafeína ( $0,22 \pm 0,06 \mu\text{g/L}$ ) e

bisfenol ( $0,16 \pm 0,03 \mu\text{g/L}$ ). Estes níveis são mais elevados do que aqueles encontrados em matrizes ambientais similares em outras partes do mundo. Os autores destacam que até o presente não foram definidos limites de concentração para estes compostos em água para consumo humano e, dessa forma, não foram analisados os riscos associados ao consumo desta água; ainda, alertam para os efeitos sinérgicos ou antagônicos da mistura destes compostos, mesmo em baixas concentrações.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E MEDIDAS PREVENTIVAS RECOMENDADAS

A síntese dos fármacos pela indústria farmacêutica implica na necessidade de eles serem biologicamente ativos e, portanto, poderem apresentar efeitos em organismos terrestres e aquáticos mesmo em concentrações muito baixas. (CARVALHO et al. 2009).

Apesar de existirem pesquisas sobre os efeitos agudos de fármacos em diversos organismos, dados sobre efeitos crônicos são escassos. (FENT et al., 2006). Os efeitos ambientais da maioria dos fármacos têm sido observados somente em condições de laboratório, onde as escassas avaliações de risco usando testes de toxicidade têm mostrado que as concentrações de alguns fármacos encontradas no ambiente são suficientes para representar risco a organismos aquáticos, como a *Daphnia magna*. (BOUND et al. 2006).

Um outro ponto destacado pelos autores é o impacto causado pela sinergia de diferentes fármacos no ambiente, que pode resultar em efeitos de toxicidade mais agudos do que aqueles causados por um determinado composto sozinho.

Para Ghiselli e Jardim (2007), o termo “interferente endócrino” tem sido usado para definir uma substância química que pode interferir no funcionamento natural do sistema endócrino de espécies animais, incluindo os seres humanos. Tal substância pode ser de origem antrópica, também denominada xenoestrogênio, ou de origem natural. Os interferentes endócrinos englobam uma grande variedade de classes de substâncias químicas, que incluem os hormônios naturais e sintéticos, fitoestrógenos, pesticidas, compostos utilizados na indústria, subprodutos de processos, entre outros.

Segundo Silva (2009), algumas dessas substâncias são persistentes, enquanto outros são rapidamente degradados no ambiente. Estes compostos apresentam uma variedade de rotas de exposição no ambiente, dependendo das suas propriedades físico-químicas inerentes, das condições externas em que são utilizados, das condições ambientais, do conteúdo microbiológico, dentre outros.

A maior preocupação dos autores quanto a estes compostos está nos possíveis efeitos na saúde humana e no ambiente, incluindo espécies animais. Substâncias químicas suspeitas de causar alteração no sistema endócrino estão potencialmente associadas a doenças, como o câncer de testículo, de mama e de próstata, à queda da taxa de espermatozoides, deformidades dos órgãos

reprodutivos, disfunção da tireoide e alterações relacionadas com o sistema neurológico. (GUISSELI, 2007).

Sodré et al. (2010) destacam que até hoje não foram definidos limites de concentração para estes compostos em água para consumo humano e, dessa forma, não foram analisados os riscos associados ao consumo das águas onde sua presença já foi confirmada, alertando ainda para os efeitos sinérgicos ou antagônicos da mistura destes compostos, mesmo em baixas concentrações.

Tratamentos de águas residuais usando métodos convencionais não são totalmente satisfatórios a ponto de verificar-se que muitos compostos permanecem inalteradas mesmo depois de tratamentos terciários. (TEIJON, 2006). Por essa razão, é importante identificar e avaliar a presença desses poluentes e a eficiência de tecnologias para tratamento de água, a fim de propor alternativas para minimizar a presença desses contaminantes emergentes.

O saneamento básico na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos e no restante do país não é discutido de maneira eficiente, podendo-se afirmar que os dados utilizados na presente pesquisa demonstram haver uma grande precariedade quanto aos possíveis efeitos associados à presença dos poluentes emergentes.

Nos últimos 50 anos foi possível constatar um grande aumento na produção e no uso de compostos sintéticos por todos os setores da sociedade, seja para produtos de limpeza, seja para agrotóxicos, indústrias mecânicas e farmacêuticas. Essa realidade levou a um aumento do escoamento dessas substâncias para o meio ambiente, não apenas através das chaminés de indústrias e dos canos de descarga, mas também por meio de produtos que podem ser encontrados nas residências, dada a grande precariedade dos sistemas de saneamento presentes nos municípios gaúchos e brasileiros.

Além do aumento da exposição a um maior número de substâncias químicas, ocorreram outras mudanças significativas, como na alimentação e no estilo de vida causando grande influência nas formas de exposição química, notadamente pelas águas superficiais.

Em nossa realidade a falta de aperfeiçoamento dos mecanismos de logística reversa, previsto na Lei Federal n. 12.305/10, facilita que os contaminantes emergentes sejam dispostos de forma indiscriminada no ambiente, carregados invariavelmente para as águas de consumo humano.

Diante do quadro de inércia de alguns setores econômicos, recomendam-se a realização e a difusão de campanhas educativas de forma a estimular os consumidores a exigirem dos fabricantes e distribuidores novos comportamentos, destacando-se entre outras necessidades:

- a) não descartar medicamentos no vaso sanitário ou na pia;
- b) não descartar os medicamentos juntamente com o lixo comum, estimulando a sociedade e devolver os medicamentos às farmácias e os produtos para os fabricantes e distribuidores;
- c) mobilizar os órgãos de fiscalização ambiental para exigir o cumprimento da legislação vigente por parte dos responsáveis;
- d) estimular o uso dos programas de coletas dos resíduos dos serviços de saúde;
- e) exigir a obrigatoriedade de inclusão na bula e caixa dos produtos a obrigatoriedade dos fabricantes em recolher os materiais que contêm os poluentes emergentes;
- f) planejamento pelos gestores públicos de compras programadas, reduzindo os riscos de aquisição de medicamentos de vencem antes de serem distribuídos.

Quanto aos medicamentos vencidos ou não utilizáveis, eles devem ser classificados como resíduos de serviços de saúde (RSS). A geração deste tipo de resíduo, dadas as suas características especiais, deve ser controlada e minimizada em níveis aceitáveis, ampliando-se as medidas preventivas.

Atualmente no Brasil as Resoluções RDC 306/2004 da ANVISA e Resolução CONAMA 358/2005 classificam os resíduos de serviços de saúde, em cinco grupos:

- Grupo A – resíduos infectantes, com possível presença de agentes biológicos;
- Grupo B – resíduos contendo substâncias químicas;
- Grupo C – rejeitos radioativos;
- Grupo D – resíduos comuns;
- Grupo E – materiais perfurocortantes.

Esta classificação busca nortear o gerenciamento dos RSS nas unidades geradoras e devem ser destinados a aterros licenciados pelo órgão ambiental competente. Outra premissa destacada tanto pela ANVISA quanto pelo CONAMA é a necessidade de segregação dos resíduos na fonte geradora, bem como do seu correto

acondicionamento, como forma de minimizar as quantidades de resíduos perigosos gerados, possibilitando a reciclagem e o reuso daqueles não perigosos.

Entre os resíduos considerados no Grupo B estão os produtos hormonais e antimicrobianos; antineoplásicos; imunodepressores; antiretrovirais; entre outros, descartados por serviços de saúde, farmácias, drogarias e distribuidores de medicamentos ou apreendidos.

Os materiais e produtos contidos na NBR 10.004, norma que classifica os resíduos sólidos quanto à periculosidade (Classe I – resíduos perigosos; Classe IIA – resíduos não perigosos e não inertes; e, Classe IIB – resíduos não perigosos e inertes) baseiam sua categorização em critérios de periculosidade, segundo suas características de toxicidade, corrosividade, inflamabilidade, reatividade e patogenicidade. No entanto, estes regulamentos se aplicam apenas “aos estabelecimentos que prestam assistência à saúde” (NBR 10.004/2004), e não tratam do descarte de resíduos ou medicamentos pela população em geral.

Os dados de saneamento no Rio Grande do Sul e no Rio dos Sinos devem motivar as autoridades ambientais para uma radical alteração dos procedimentos de coleta e tratamento dos esgotos domésticos.

Se, de um lado, o setor industrial avançou nos procedimentos de controle, o setor público se manteve inerte, mesmo diante das graves tragédias que ocorreram na região recentemente.

É preciso inverter essa lógica perversa. Não é possível esperar até que se obtenham provas dos danos antes de agir para banir substâncias cujas propriedades intrínsecas são motivo de grande preocupação.

A conscientização da sociedade através da educação ambiental na redução manejo seguro de substâncias e medicamentos vencidos ou indesejados caracteriza-se como uma ação urgente e necessária, colaborando uma revisão e definição de novas estratégias para o saneamento ambiental da Bacia do Rio dos Sinos.

O presente estudo objetivou apresentar dados emotivos pelos quais deve-se priorizar pesquisas na área dos poluentes emergentes. Mesmo não tendo encontrado estradiol nas águas dos quatro pontos investigados, recomenda-se a necessidade de novas avaliações, ampliando a rede de dados para exigir novos comportamentos dos setores econômicos associados.

A continuidade da exposição a substâncias tóxicas, persistentes e bioacumulativas à população através das águas de consumo humano que recebem

essas substâncias, pode trazer sérios prejuízos futuros à saúde e ao meio ambiente, com impactos negativos nos componentes dos ecossistemas, alterando gravemente os importantes serviços ambientais prestados e no bem-estar humano.

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, S.G.; CATALÁ, M. MAROTO, R.R.; GIL JLR, Miguel AG; VALCÁRCEL, Y. Pollution by psychoactive pharmaceuticals in the Rivers of Madrid metropolitan área (Espanha). In: **Environ Internat**, 2010. 36, p. 195-201.
- BILA, D.M.; DEZOTTI, M. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e consequências. In: **Química Nova**, 2007, n.30, p. 651-666.
- BOUND JP; KITSOU, K. VOULVOULIS. N. Household disposal of pharmaceuticals and perception of risk to the environment. In: **Environ Toxicol Pharmacol**, 2006. 21, p. 301-7.
- BRANDÃO A. Um remédio chamado solidariedade. In: **Pharmácia Brasileira**, abri/mai, p. 21-6, 2010.
- BRASIL, 1997. **Lei Federal n. 9433**, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do Art. 21 da Constituição Federal, e altera o Art. 1º da Lei n. 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n. 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- BRASIL. **Lei n. 11.445**, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria N. 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em: 23 maio 2016.
- BRASIL. **Ministério da Saúde**. Secretaria de Vigilância em Saúde. Manual de procedimentos de vigilância em saúde ambiental relacionada à qualidade da água para consumo humano / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006.
- CARVALHO, E.V; FERREIRA, E., MUCINI L., SANTOS C. In: **Revista Brasileira de Toxicologia**, 22, n.1-2, 2009.
- CUNNINGHAM, V.L.; BINKS, S.P.; OLSON, M.J. Human health risk assessment from the presence of human pharmaceuticals in the aquatic environment. In: *Regulat Toxicol Pharmacol*, 2009. 53, p. 39-45. 28.
- DAUGHTON, 2005, p. 23 apud GAFFNEY, Vanessa de Jesus et al., 2014, p. 138. Análise de fármacos em águas por SPE-UPLC-ESI-MS/MS. *Revista Quim. Nova*, Lisboa, v. 37, n. 1, p. 138-149, 2014. Disponível em: <[https://scholar.google.com.br/scholar?start=10&q=CONTAMINANTES+EMERGENTES&hl=pt-BR&as\\_sdt=0,5&as\\_vis=1](https://scholar.google.com.br/scholar?start=10&q=CONTAMINANTES+EMERGENTES&hl=pt-BR&as_sdt=0,5&as_vis=1)>. Acesso em: 18 maio 2016.
- DAUGHTON CG. Cradle-to-cradle stewardship of drugs for minimizing their environmental disposition while promoting human health. I. Rationale for and

Avenues toward a Green Pharmacy. In: **Environ Health Perspect**, 2003. 111:757-74.

DAUGTON CG. Cradle-to-cradle stewardship of drugs for minimizing their environmental disposition while promoting human health. II. Drug disposal, waste reduction, and future directions. In: **Environ Health Perspect**, 2003. 111:775-85.

Fent K, Wenston AA, Caminada D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. *Aquat Toxicol*. 2006. 76, p. 122-59.

FEPAM. Disponível em: <[www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade\\_sinos/sinos.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/qualidade/qualidade_sinos/sinos.asp)>. Acesso em: 3 jun. 2016.

FLAHERTY, C.M.; DODSON, S.I. Effects of pharmaceuticals on Daphnia survival, growth, and reproduction. In: **Chemosphere**, 2005. 1, p. 200-07.

GAMA, M. R. Processos Fenton como Alternativa na Remoção de Interferentes Endócrinos e outros Micropoluentes Ambientais Gama, M. R. In: **Rev. Virtual Quim.**, 2012.

GHISELLI, G. **Avaliação da qualidade das águas destinadas ao abastecimento público na região de Campinas**: ocorrência e determinação dos interferentes endócrinos (IE) e produtos farmacêuticos e de higiene pessoal. (PFHP). 2006. 181 f. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, 2006.

GHISELLI. G.; JARDIM, W.F. Interferentes endócrinos no ambiente. In: **Química Nova**, 2007. 30, p. 695-706.

GIESY, J.; SUK, W. **Principles and processes for evaluating endocrine disruption in wildlife**. Brussels: Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 1998.

GLASSMEYER, S.T.; HINCHEY, E.K.; BOEHME, S.E. et al. Disposal practices for unwanted residential medications in the United States. In: **Environ Internat**. 2009. 35(3), p. 566-72.

GROVER, I, S.; KAUR, S. Genotoxicity of wastewater samples from sewage and industrial effluent detected by the Allium root anaphase aberration and micronucleus assays. **Mutation Research**, 426, p. 183-188, 1999.

HANSON, N.; ABGER, P.; SUNDELOF, A. Population-level effects of male-biased broods in eelpout (*Zoarce viviparous*). In: **Environmental Toxicology and Chemistry**, 2005.

JARDIM, Wilson. **Contaminante Emergente é a grave ameaça presente na água tratada**. Entrevista com Felipe Massahiro Higa. AUN USP. [S.L], Ano 46, n. 26, 28 maio 2013. Disponível em: <<http://www.usp.br/aun/exibir.php?id=5169>>. Acesso em 22 maio 2016.

JONES, A.H.; VOULVOULIS. N.; LESTER, J.N. Potencial ecological and human health risks associated with the presence of pharmaceutically active compounds in the aquatic environment. In: **Critical Rev Toxicol**, 2004. 34, p. 335-50.

KOLPIN, D.W.; FURLONG, E.T.; MEYER, M.T. Pharmaceuticals, hormones and other organic wastewater contaminants in US streams, 1999-2000: a national reconnaissance. In: **Environ Sci Technol**, 2002. 36, p. 1202-11.

KOTCHEN, M.; KALLAOS, J.; WHEELER, K.; WONG, C.; ZAHLLER, M. Pharmaceuticals in wastewater: behaviour, preferences, and willingness to pay for a disposal program. In: **J Environ Manag**, 2009. 90, p. 1476-82. 34. KUSPIS, D.A.; KRENZELOK, E.P. What happens to medications? A survey of community medication disposal. In: **Vet Hum Toxicol**, 1996. 38, p. 48-9.

LÄNGE, R.; HUTCHINSON, T.H.; CROUDACE, C.P.; SIEGMUND, F. Effects of the synthetic estrogen 17 alphaethinylestradiol on the life cycle of the fathead minnow. In: **Environ Toxicol Chem**, 2001. 20, p. 1216-24.

LANNA, Antônio Eduardo (2000). Inserção da gestão das águas na gestão ambiental. In: **Interfaces da Gestão dos Recursos Hídricos**. Hector Raul Muñoz (org.). Brasília. Ministério do Meio Ambiente: Secretaria de Recursos Hídricos.

LAUDICÉIA, G.; LOPES; MARY, R. R.; MARCHI; SOUZA, João B. G.; MOURA, José A.; LORENZON, Cintia S.; CRUZ, Claudinei; AMARAL, Luiz A. **Estrogens in natural and treated waters in The Region of Jaboticabal - São paulo**, Brazil (2010).

LAURA, Aquiles Arce. **Um método de modelagem de um sistema de indicadores de sustentabilidade par gestão de Recursos Hídricos – MIGSERH: O caso da Bacia do Rio dos Sinos**. Tese Doutorado, UFRGS. 2004.

LEMKE-DE-CASTRO, Mara Lucia et al. Avaliação da qualidade das águas cinza por meio da condutividade elétrica. Revista em agronegócios e meio ambiente, [S.l], v. 5, n. edição especial, p. 189-201, maio 2011. Disponível em: <<http://periodicos.unicsumar.edu.br/index.php/rama/article/viewFile/1969/1717>>. Acesso em: 11 de maio 2016.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de Qualidade e Tratamento de água**. 2. ed. São Paulo: Editora Átomo, 2008.

LORAINE, G.A.; PETTIGROVE, M.E. Seasonal variations in concentrations of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and reclaimed wastewater in southern California. In: **Environ Sci Technol**, 2006. 40, p. 687-95.

MACEDO, J. C., **Monitoramento da qualidade das Águas do Rio do Sinos** - Dissertação de Mestrado, Centro Universitário Feevale, 2009.

MARGALEF, R. **Ecologia**. 7. ed. Barcelona: Omega, 1991.

MARTINEZ, J.L. Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. In: **Environ Pollut**, 2009. 157, p. 2893-2902. MCCLELLAN, K.; HALDEN, R.U. Pharmaceuticals and personal care products in archived U.S. biosolids from the 2001 EPA national sewage sludge survey. In: **Water Res.** 2010. 44, p. 658-68.

MELO, V. et al. **Descarte de medicamentos vencidos por usuários residentes na cidade de São Paulo**. São Paulo: Faculdades Oswaldo Cruz. 2005. Disponível em: <<http://www.oswaldocruz.br/download/artigos/saude20.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

MORLEY, N.J. Environmental risk and toxicology of human and veterinary waste: pharmaceutical exposure to aquatic host-parasite relationships. In: **Environ Toxicol Pharmacol**, 2009. 27, p. 161-75.

NAIME Roberto. **Breve histórico da bacia hidrográfica do rio dos Sinos**. Disponível em: <[http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu=56&cod\\_conteudo=5865](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=56&cod_conteudo=5865)>. Acesso em: maio. 2016.

PERSHE, L. Aumenta o Consumo de Anticoncepcionais no Brasil. In: **Revista Health LatinAmerica**, set. 2000.

PETERSEN A; ANDERSEN J.S.; KAEWMAK, T.; SOMSIRI, T.; DALSGAARD, A. Impact of integrated fish farming on antimicrobial resistance in a pond environment. In: **Appl Environ Microbiol**, 2002. 68, p. 6036-42.

PLANO NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO, **Lei 11.445/07**. PRINS, G. S. Endocrine disruptors and prostate cancer risk. In: **Endocrine-Related Câncer**, Chicago, v. 15 p. 649-656, 2008.

REIF, R.; SUÁREZ, S.; OMIL, F.; LEMA, J. M. Fate of pharmaceuticals and cosmetic ingredients during the operation of a MBR treating sewage. In: **Desalination**, 2008. 221, p. 511-17.

REYNOLDS, K.A. Preocupación por la presencia de productos farmacêuticos en el água potable. In: **ÁguaLatinoam**, 2008. 8:16-8. 26.

RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M. de Azevedo. Tratamento de Água tecnologia atualizada. 1. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 2005. Originalmente publicado em 1991.

RICHTER, Carlos A.; NETTO, José M. de Azevedo. Tratamento de Água tecnologia atualizada. 1. Ed. São Paulo: Editora Edgard Blucher LTDA, 2005. Originalmente publicado em 1991. ROBAINA, L. E.; FORMOSO, M. L. L.; PIRES, C. A da F. Metais Pesados nos Sedimentos de Corrente, como indicadores de Risco Ambiental – Vale dos Sinos RS. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 23(2), 35-47, 2002.

ROCHA, C. L. **Gestão de Bacias Hidrográficas: sustentabilidade e qualidade**. Disponível em: <[www.radiobras.gov.br/ct/artigos/2000/artigo\\_140400.htm](http://www.radiobras.gov.br/ct/artigos/2000/artigo_140400.htm)>. Acesso em: 12 jun. 2015.

RUHOY, I.S.; DAUGHTON, C.G. Beyond the medicine cabinet: An analysis of where and why medications accumulate. In: **Environ Internat**, 2008. 34, p. 1157- 69.

RUHOY, I.S.; DAUGHTON, C.G. Types and quantities of leftover drugs entering the environment via disposal to sewage – revealed by coroner records. In: **Sci Total Environ**, 2007. 388, p. 137-48.

RYAN, K.J. (agosto de 1982). Biochemistry of aromatase: significance to female reproductive physiology. In: **Cancer Res.**, 42, p. 3342-3344.

SCHWARTZ, T.; KOHNEN, W.; JANSEN, B. Detection of antibiotic-resistant bacteria and their resistance genes in wastewater, surface water and drinking water biofilms. In: **Micro Ecol**, 2002. 1470, p. 1-11.

SILVA, E.R. **Problematizando o descarte de medicamentos vencidos**: para onde destinar? Rio de Janeiro: Fundação Oswaldo Cruz, Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio. Rio de Janeiro, 2005. Disponível em: <<http://www.epsjv.fiocruz.br/beb/Monografias2005/evelyn.pdf>>. Acesso em: 20 maio 2016.

SILVA, A.S. **Interferentes endócrinos no meio ambiente**: um estudo de caso em amostras de água in natura e efluente da estação de tratamento de esgotos da Região Metropolitana de São Paulo. [Tese]. São Paulo (SP): Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública. 2009.

SODRÉ, F. F.; MONTAGNER, C. C.; LOCATELLI, M. A. F.; JARDIM, W. F. Ocorrência de interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos em águas superficiais da região de Campinas (SP, Brasil). In: **J. Braz. Soc. Ecotoxicol.**, 2007

SODRÉ, F.F.; LOCATELLI, M.A.; JARDIM, W.F. Occurrence of Emerging Contaminants in Brazilian Drinking Waters: A Sewage-To-Tap Issue. In: **Water Air Soil Pollut**, 2010. 206, p. 57-67.

TEIJON, G.; et al. Occurrence of emerging contaminants, priority substances (2008/105/CE) and heavy metals in treated wastewater and groundwater at Depurbaix facility. In: **EnScience of The Total Environment**, 2004. Vol. 408, n. 17, p. 3584-3595.

TERNES, T.A. Occurrence of drugs in Germany sewage treatment plants and rivers. *Water Res.* 1998. 32, p. 3245-57.

TOLEDO, L. G. de. Índice de Qualidade de Água em microbacias sob uso agrícola e urbano. In: **Scientia Agricola**, v. 59, n.1, p. 181-186, jan./mar, 2002.

TORRES, N. H.; FERREIRA, L. F. R.; AMÉRICO, J. H. P.; ANDRADE, G. C. R. M.; FREGUGLIA, R. M. O.; TORNISIELO, V. L. Analysis and occurrence of resíduos of the hormones estriol, 17 $\alpha$ -ethinylestradiol and 17 $\beta$ -estradiol in urban water supply by HPLC-DAD. IOSR. In: **Journal of Engineering**, v. 2, n. 5, p. 984-989, 2012.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA TUNDISI, T. **Limnologia**. Oficina de Textos, 2008.

WHITE, P. A.; RASMUSSEN, J. B. The genotoxic hazards of domestic wastes in surface waters. In: **Mutation Research**. 410, p. 223-236, 1998.

XU J.; WU L.; CHANG, A.C. Degradation and adsorption of selected pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in agricultural soils. In: **Chemosphere**, 2009. 77, p. 1299-1305.

ZHOU, J.L.; ZHANG, Z.L.; BANKS, E.; GROVER, D.; JIANG, J.Q. Pharmaceutical residues in wastewater treatment works effluents and their impact on receiving river water. In: **J Hazard Mater**, 2009. 166:655-61. 15.

## ANEXO A – Laudos de Coleta



## RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 26492

Cliente: MICHELE SILVA  
 Solicitante: Sra. Michele Aparecida da Silva  
 Endereço: AVENIDA IMPERATRIZ LEOPOLDINA, 2300  
 Cidade: SAO LEOPOLDO/RS

Dados da Amostra  
 Identificação: Água Bruta nº: 4  
 Recebimento: 16/05/2016 às 15: 30 H.

Dados da Coleta  
 Responsável: Interessada

## RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro Método/Norma	Resultado/Unidade	Limite de Detecção Data do Ensaio
Estradiol Cromatografia Líquida de Alta Performance com Detector de Ultra-Violeta (HPLC-UV)	não detectado	0,001mg/ml 24/05/2016

Porto Alegre, 24 de maio de 2016.

Marina Chiochetta  
 CRF-RS 9244

Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.  
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

Página: 1 de 1 do R.E.: 26492



## RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 26491

Cliente: MICHELE SILVA  
 Solicitante: Sra. Michele Aparecida da Silva  
 Endereço: AVENIDA IMPERATRIZ LEOPOLDINA, 2300  
 Cidade: SAO LEOPOLDO/RS

## Dados da Amostra

Identificação: Água Bruta nº: 3  
 Recebimento: 16/05/2016 às 15:00 H.

## Dados da Coleta

Responsável: Interessada

## RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro Método/Norma	Resultado/Unidade	Limite de Detecção Data do Ensaio
Estradiol Cromatografia Líquida de Alta Performance com Detector de Ultra-Violeta (HPLC-UV)	nao detectado	0,001 mg/ml 24/05/2016

Porto Alegre - 24 de maio de 2016

Marina Chichetta  
CRF-RS 9244

Conferência Eletrônica ✍

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.  
Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

Página: 1 de 1 do R.E.: 26491



## RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 26490

Cliente: MICHELE SILVA  
 Solicitante: Sra. Michele Aparecida da Silva  
 Endereço: AVENIDA IMPERATRIZ LEOPOLDINA, 2300  
 Cidade: SAO LEOPOLDO/RS

### Dados da Amostra

Identificação: Água Bruta nº: 2  
 Recebimento: 16/05/2016 às 15:30 H.

### Dados da Coleta

Responsável: Interessada

## RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro Método/Norma	Resultado/Unidade	Limite de Detecção Data do Ensaio
Estradiol Cromatografia Líquida de Alta Performance com Detector de Ultra-Violeta (HPLC-UV)	não detectado	0,001 mg/ml 24/05/2016

Porto Alegre, 24 de maio de 2016.

Marina Chiochetta  
CRF-RS 9244

Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.

Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

Página: 1 de 1 do R.E.: 26490



## RELATÓRIO DE ENSAIO - nº 26489

Cliente: MICHELE SILVA  
 Solicitante: Sra. Michele Aparecida da Silva  
 Endereço: AVENIDA IMPERATRIZ LEOPOLDINA 2300  
 Cidade: SAO LEOPOLDO/RS

### Dados da Amostra

Identificação: Água Bruta nº: 1  
 Recebimento: 16/05/2016 às 15:30 H.

### Dados da Coleta

Responsável: Interessada

## RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS

Parâmetro Método/Norma	Resultado/Unidade	Limite de Detecção Data do Ensaio
Estradiol Cromatografia Líquida de Alta Performance com Detector de Ultra-Violeta (HPLC-UV)	nao detectado	0,001mg/ml 24/05/2016

Porto Alegre, 24 de maio de 2016.

Marina Chiochetta  
 CRF-RS 9244

Conferência Eletrônica

Os resultados acima se referem somente a amostra ensaiada.  
 Este relatório de ensaio só pode ser reproduzido na sua íntegra. A reprodução parcial somente com autorização do emitente.

Página: 1 de 1 do R.E.: 26489

**ANEXO B – Resultados Analíticos****Resultados dos parâmetros analíticos obtidos em campo**

<b>Parâmetro</b>	<b>Ponto 01</b>	<b>Ponto 02</b>	<b>Ponto 03</b>	<b>Ponto 04</b>
OD ( <i>mg/L</i> )	<b>3,07</b>	<b>3,05</b>	8,09	5,04
pH	7,83	7,64	7,28	7,47
Temperatura (°C)	20,7	19,3	18,3	19,2
Condutividade ( <i>uS/mL</i> )	<b>578</b>	<b>289</b>	152	27

Fonte: Da autora.