



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**PROCESSOS DE TRATAMENTO PARA CONTAMINANTES EMERGENTES:
ESTUDO COMPARATIVO**

ANTERO MARTINS LIRA PIMENTEL

**João Pessoa – PB
Junho de 2017**

ANTERO MARTINS LIRA PIMENTEL

**PROCESSOS DE TRATAMENTO PARA CONTAMINENTES EMERGENTES:
ESTUDO COMPARATIVO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Paraíba como um dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Carmem Lúcia Moreira Gadelha

João Pessoa – PB

P644p Pimentel, Antero Martins Lira

Processos de Tratamento para Contaminantes Emergentes:
Estudo Comparativo. / Antero Martins Lira Pimentel - João
Pessoa: UFPB, 2017.

36fl. il.:

Orientador: Prof^a. Dr^a Carmem Lúcia Moreira Gadelha

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia Ambiental
Centro de Tecnologia / Campos I / Universidade Federal da
Paraíba.

1. Contaminantes Emergentes 2. Processos de Tratamento 3.
Poluentes Ambientais. Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.d. 546 (043)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre me iluminar nos momentos felizes e tristes.

Aos meus Pais, Denise e Tarcísio, por serem essas pessoas tão especiais em minha vida, me dando apoio e coragem em todas as situações.

À professora Carmem Gadelha, pela orientação e pelas aulas durante o curso.

Aos meus tios, Fábio, Gerlane, Hildebrando, Jussara, Raíssa, Ruy e Yêda, pelo suporte e por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus primos, Ana Amélia, Amanda, Beatriz, George, Ivson, Lívia, Raquel, Thiago e Viviane, por sempre me aconselharem e serem meus irmãos.

Aos meus amigos, Alecsander Cruz, André Honorato, Augusto Delunardo, Caio Martins, Cassio Lemos, Camila Porto, Cinthia Botelho, Emanuella Almeida, Felipe Henrique, João Martins, Larissa Santana, Lucas Britto, Marcela Freitas, Moana Duarte, Renan Honorato, Vanessa Wortman, Victor Beavis e Victoria Lina, por participarem dessa jornada, e serem “sagalera” que tornou tudo mais alegre e divertido.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

“Não há mal que sempre dure, nem bem que nunca acabe.”

(Autor desconhecido)

RESUMO

Nas últimas décadas o desenvolvimento de setores industriais e tecnológicos possibilitou grande melhoria na qualidade de vida do homem. Porém não se obteve tanto resultado quanto ao combate dos contaminantes gerados por este rápido progresso. A quantidade de poluentes que são gerados, oriundos de substâncias utilizadas nas diversas atividades humanas, é muito maior que a capacidade que se tem de estudá-los e identificá-los, como também compreender os riscos que trazem aos ecossistemas e aos seres humanos. Tais poluentes são denominados contaminantes emergentes. Não são removidos pelos processos de tratamento convencionais utilizados nas estações de tratamento de água e esgoto, como também, pelo fato de serem recentes, não há muitos dados para definir sua toxicidade e ecotoxicidade, delimitando níveis aceitáveis no meio ambiente. Este trabalho tem como objetivo apresentar processos de tratamento utilizado na remoção desses contaminantes. Fez-se uma revisão bibliográfica dos contaminantes emergentes, suas classes, seus efeitos à saúde humana, dos processos de tratamento, como também, apresenta-se vantagens e desvantagens na utilização de cada um. Dentre os métodos abordados identifica-se que a nanofiltração, ozonização e biorremediação são métodos viáveis, pois apresentam versatilidade, rápida resposta e baixo custo, respectivamente.

Palavras-chave: contaminantes emergentes, processos de tratamento, poluentes ambientais.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classes dos contaminantes emergentes.....	14
Figura 2 – Subclasses das drogas de abuso.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais produtos farmacêuticos e seus contaminantes.....	15
Tabela 2 – Principais interferentes endócrinos.....	17
Tabela 3 – Vantagens e desvantagens dos processos de tratamento.....	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS.....	11
2.1	OBJETIVO GERAL.....	11
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
3	METODOLOGIA	11
4	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
4.1	CONTAMINANTES EMERGENTES	12
4.1.1	Produtos Farmacêuticos.....	14
4.1.2	Produtos de Higiene Pessoal	16
4.1.3	Interferentes Endócrinos	16
4.1.4	Drogas de Abuso	18
4.1.4.1	Canabinóides	20
4.1.4.2	Estimulantes Anfetamínicos e Outras Substâncias Alucinógenas.....	20
4.1.4.3	Cocaínicos.....	20
4.1.4.4	Opioides	20
4.2	PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS POR POLUENTES EMERGENTES....	21
4.3	PROCESSOS DE TRATAMENTO DE CONTAMINANTES EMERGENTES.....	22
4.3.1	Fotocatálise Heterogênia com Dióxido de Titânio	22
4.3.2	Adsorção por Carvão Ativo	23
4.3.3	Fenton e Foto-Fenton	24
4.3.4	Membranas de Nanofiltração	24
4.3.5	Ozonização.....	25
4.3.6	Biorremediação.....	26
5	COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE TRATAMENTO	27
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
7	REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

Após a segunda guerra mundial a vida no planeta passou por mudanças significativas, entre elas destacam-se a migração, sem controle, da população rural para o meio urbano desestruturado. O aumento do consumo de alimentos industrializados, de medicamentos, de roupas e calçados, de eletrodomésticos, de defensivos agrícolas e de produtos químicos é consequência do crescimento da população urbana que tem ocorrido, desde então. Esses fatores têm levado a geração de resíduos sólidos, líquidos (efluentes industriais e esgotos domésticos) e gasosos de forma crescente e ininterrupta. Os problemas ambientais decorrentes do descarte desses resíduos no meio ambiente, de forma irregular e, muitas vezes, sem tratamento adequado, só se avolumam.

O desenvolvimento tecnológico de setores industriais proporcionou inúmeros benefícios à sociedade e garantiram conforto, praticidade, velocidade e eficiência nas mais diversas atividades humanas. Tais avanços colocaram no mercado uma ampla variedade de substâncias ou compostos químicos, utilizados para os mais variados fins, na formulação ou como intermediários de muitos produtos utilizados pelo homem (PÁDUA, 2009). De acordo com Hernández-Leal (2011) há uma vasta gama de: medicamentos, produtos de higiene pessoal; hormônios; agentes tensoativos; conservantes; filtros UV; defensivos agrícolas e aditivos alimentares que hoje estão disponíveis no mercado e que trouxeram muitas vantagens para o bem estar e atividades humanas.

No entanto, uma das desvantagens da produção e utilização destes produtos está nos resíduos que são gerados, sejam eles derivados diretamente das atividades industriais, ou produzidos após seu consumo pela sociedade, que podem impactar de forma negativa o meio ambiente (SILVA e COLLINES, 2011).

Muitas dessas substâncias, são denominadas de Contaminantes Emergentes (EPA, 2011). Essa denominação decorre, pelo fato de, ainda não existir uma legislação de controle ambiental para regulamentar a concentração máxima no meio ambiente, podendo causar risco potencial a saúde humana.

É necessário ressaltar que, a avaliação do impacto ambiental ocasionado tem sido restrita apenas a alguns produtos de origem industrial e agrícola. Pouca atenção tem sido dada a outros produtos consumidos no cotidiano e que também

representam um grande foco de contaminação, uma vez que não existem estudos definitivos sobre a ação dessas substâncias e seus metabólitos nos diferentes organismos (REIS FILHO et al., 2007).

Proteger os recursos naturais é uma das principais questões ambientais no Século 21, considerando o risco que os contaminantes emergentes oferecem a população e aos ecossistemas. Uma das formas de proteção é, sem dúvida, o tratamento e destino final adequado dos efluentes contendo contaminantes emergentes.

Diante do exposto, questiona-se: quais os processos de tratamento de contaminantes emergentes são mais eficientes?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar processos de tratamento para efluentes contendo contaminantes emergentes.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar, fazendo um comparativo, as vantagens e desvantagens entre os processos de tratamento estudados;
- Determinar o método que apresenta o melhor tratamento.

3 METODOLOGIA

De acordo com Gil (1991) esse trabalho é uma pesquisa bibliográfica, documental e exploratória. É bibliográfica porque foi desenvolvida a partir de materiais publicados em livros, artigos, dissertações e teses. Segundo Cervo, Bervian e da Silva (2007, p.61), a pesquisa bibliográfica “constitui o procedimento básico para os estudos monográficos, pelos quais se busca o domínio do estado da arte sobre determinado tema”.

A pesquisa é também documental na medida em que faz-se uma investigação, por meio de documentos, com o objetivo de descrever e comparar as vantagens e desvantagens e também às diferenças e outras características dos diversos métodos de tratamento de efluentes contendo poluentes emergentes.

De acordo com Cervo, Bervian e da Silva (2007, p.61) a pesquisa também é exploratória por se tratar da identificação de problema ainda não inteiramente conhecido no País e não requer a formulação de hipóteses para serem testadas. Ela se restringe por definir objetivos e buscar mais informações sobre determinado assunto de estudo. A pesquisa exploratória é recomendada quando há pouco conhecimento sobre o problema a ser estudado.

Essa pesquisa ainda é descritiva porque faz o registro, a análise e a correlação de fatos ou fenômenos, sem manipulá-los.

Os dados são referentes a métodos de tratamentos de efluentes, considerando, principalmente, suas vantagens, desvantagens e, eficiência.

Também, levantou-se dados sobre poluentes emergentes e os problemas ambientais por eles provocados.

Os resultados obtidos foram expostos na forma de tabela, e discutidos, considerando as principais vantagens e desvantagens de cada método estudado.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 CONTAMINANTES EMERGENTES

No Brasil a contaminação ambiental das águas se dá, principalmente, por meio de efluentes industriais e esgotos domésticos contendo poluentes orgânicos e inorgânicos. A Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2002) revelou que 82% esgotos urbanos são descartados nos rios que são utilizados para o abastecimento de água potável (SODRÉ, 2010).

Quando não tratados, ou tratados de maneira inadequada, os efluentes e esgotos geram graves problemas ambientais. Além disso, a grande maioria dos efluentes urbanos não passa pelo processo a nível terciário para remoção de nutrientes e microrganismos.

A contaminação das águas superficiais e subterrâneas destinadas ao consumo humano sempre foram alvo de grandes preocupações. Desde a década de 1970, diversos pesquisadores observaram modificações mais intensas no meio ambiente iniciando estudos na tentativa de identificar quais seriam as substâncias que estariam ocasionando tamanha transformação. Entre os compostos orgânicos de interesse ambiental destacavam-se os micro contaminantes que são substâncias utilizadas pelo homem no cotidiano. São os denominados contaminantes emergentes (SOUSA, 2015) encontrados em águas superficiais em níveis traços, isto é, em concentrações na ordem de µg/L ou ng/L.

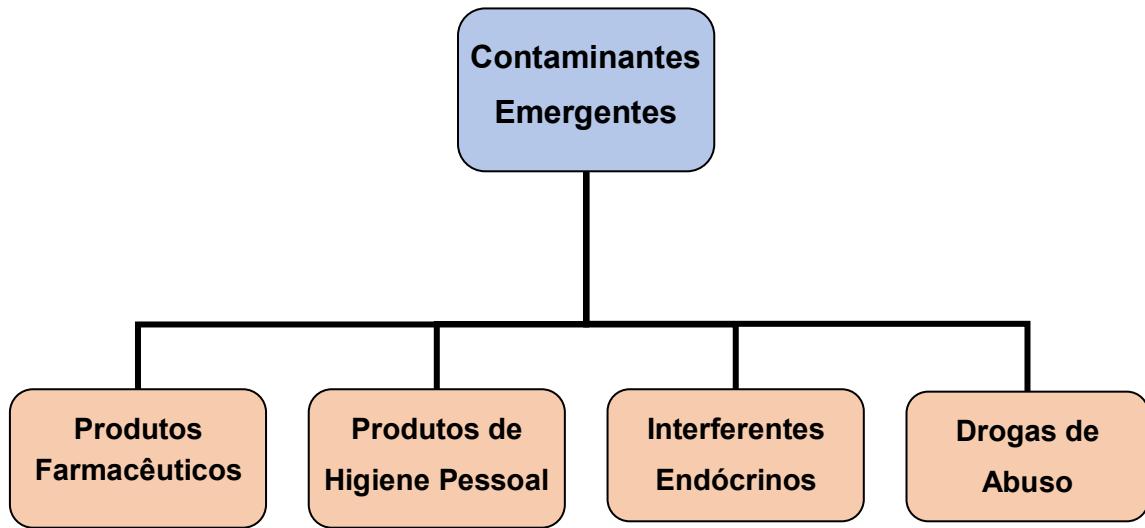
De acordo com Raimundo (2011) os contaminantes emergentes são compostos que têm sido detectados nos diferentes compartimentos ambientais, tanto os de origem antrópica como aqueles de ocorrência natural, que podem apresentar algum risco ao ecossistema, e que, não estão incluídos nos programas de monitoramento de rotina, ou seja, ainda não são legislados. Porém, estes são candidatos a uma futura regulamentação dependendo dos resultados obtidos em estudos de ecotoxicidade, efeitos à saúde humana e animal, potencial de bioacumulação, transporte e destino no meio ambiente, além da concentração e quantidade em que são lançados no meio ambiente (PETROVIC e BARCELÓ, 2006).

Diversos grupos de substâncias têm sido considerados contaminantes emergentes, incluindo, novos agrotóxicos, drogas ilícitas, fármacos, produtos de higiene pessoal, protetores solares, estrogênios, alquifenóis e seus derivados, alguns subprodutos provenientes de processos de desinfecção de água, ácidos naftênicos, percloratos, líquidos iônicos, dioxinas, o antimônio, adoçantes (dentre eles a sucralose), além dos nanomateriais e alguns microrganismos e toxinas de algas (RICHARDSON e TARNES, 2011). Reis Filho et al. (2007) consideram poluentes emergentes, como produtos farmacêuticos, hormônios naturais e sintéticos, pesticidas, substâncias tensoativas, polímeros de baixa massa molecular, produtos de uso veterinário, solventes e outros contaminantes orgânicos presentes em efluentes municipais e industriais, que podem atuar como desreguladores endócrinos (DE).

Visto o grande número de produtos, substâncias e compostos químicos que fazem parte dos contaminantes emergentes, torna-se mais fácil compreender os

organizando-os por classes. Assim, as principais classes desses contaminantes são os Produtos Farmacêuticos, os Produtos de Higiene Pessoal, os Interferentes Endócrinos e ainda as Drogas de Abuso, como pode-se observar na Figura 1 (SILVA e COLLINES, 2011).

Figura 1: Classes dos contaminantes emergentes.



Fonte: Autoria própria.

4.1.1 Produtos Farmacêuticos

Os produtos farmacêuticos, aplicados tanto na medicina humana, quanto na veterinária, são a classe de contaminantes emergentes que mais têm chamado à atenção dos pesquisadores, devido aos números crescentes de utilização de medicamentos. Além disso, os efeitos toxicológicos desses produtos no ambiente, para os seres humanos e animais, aquáticos e terrestres, não são bem compreendidos (CONLEY, 2008).

Em vários países a quantidade real de medicamentos consumidos pela população é maior do que se tem conhecimento, pois nos dados disponibilizados pelos órgãos de controle, não estão inclusos medicamentos consumidos sem receituário médico ou adquiridos ilegalmente (SILVA e COLLINES, 2011).

Na Alemanha, por exemplo, desde 2001 o consumo de medicamentos já superou mais de 100 toneladas por ano. Para Silva e Collines (2011) no Brasil o

cenário não é muito diferente, considerando que os números de consumo de medicamentos podem ser bem maiores, porém ainda não há dados disponíveis.

De acordo com Togola e Budzinski (2007) todos os produtos farmacêuticos são bioativos, ou seja, foram sintetizados com a finalidade de produzir um efeito específico em um ser vivo. Por isso, a presença desses compostos em ambientes aquáticos deve causar efeitos tóxicos na biota.

Após a administração medicamentosa, uma parte significativa dos fármacos é excretada por humanos no esgoto doméstico. Estudos têm demonstrado que, várias dessas substâncias parecem ser persistentes no meio ambiente e não são completamente removidas nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Sendo assim, muitos fármacos residuais também resistem ao processo de tratamento convencional de água, afirmam Bila e Dezotti (2003).

De acordo com Américo et al. (2013) os fármacos são considerados contaminantes ambientais devido suas moléculas serem biologicamente ativas. Além disso, a grande maioria dos fármacos possui características lipofílicas (habilidade de um composto químico dissolver-se em gorduras, óleos vegetais, lipídios em geral) e frequentemente apresentam baixa biodegradabilidade. Estas propriedades intrínsecas apresentam um grande potencial para bioacumulação e persistência no ambiente. A Tabela 1 apresenta alguns dos principais produtos farmacêuticos e seus contaminantes.

Tabela 1: Principais produtos farmacêuticos e seus contaminantes.

Produtos	Contaminantes
Antibióticos (uso humano e veterinário)	Clorotetraciclina, eritromicina, sulfametoxzazol, lincomicina, trimetoprim
Aolgésicos e anti-inflamatórios	Ácido acetilsalicílico, diclofenaco, paracetamol, cetoprofeno
Reguladores lipídicos	Benzafibrato, ácido clofíbrico, ácido fenofíbrico
B-Bloqueadores	Atenolol, propanolol, metoprolol, betaxolol

Contraceptivos	Etinilestradiol, desogestrel, mestranol
Drogas de uso psiquiátrico	Diazepam, fluoxetina, carbamazepina, paroxetina

Fonte: Américo (2013) e Silva (2011).

4.1.2 Produtos de Higiene Pessoal

Segundo Buchberger (2011, apud IDE, 2014), existem diversas classes de substâncias químicas provenientes de produtos de higiene pessoal que tem como destino final o meio ambiente. Dentre elas, as mais estudadas são: filtros ultravioleta, repelentes de insetos, pastas de dente, fragrâncias sintéticas, antimicrobianos e conservantes.

Um exemplo de contaminante desta classe, presente no cotidiano, é o triclosano (2,4,4'-tricloro-2'-hidroxifenil éter), facilmente encontrado nos cremes dentais, antissépticos bucais, sabonetes para profilaxia, desodorantes e desinfetantes domésticos, onde tem ação bactericida de amplo espectro. Também pode ser incorporado em polímeros e fibras, sendo encontrado em efluentes tratados na concentração entre 5-90 ng/L (SILVA e COLLINES, 2011).

4.1.3 Interferentes Endócrinos

Como o próprio nome indica, interferentes endócrinos são substâncias químicas que podem, literalmente, interferir no funcionamento natural do sistema endócrino de espécies animais, inclusive os seres humanos, causando câncer e prejudicando os sistemas reprodutivos. Segundo Kuster (2005), podem ser de origem antropogênica, denominados de xenoestrogênios, ou biogênica. Os xenoestrogênios podem ser representados pelos hormônios sintéticos de medicamentos contraceptivos ou utilizados na pecuária animal ou, ainda, substâncias produzidas para uso na indústria ou na agricultura, como os agrotóxicos (atrazina, lindano, clordano, dieldrin, hexaclorobenzeno, etc.), bifenilas policloradas, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, surfactantes não iônicos (alquilfenóis), ftalatos, dioxinas e furanos.

Podem se comportar tanto como estrogênios ou como androgênios. Os estrogênios são hormônios que regulam o desenvolvimento sexual feminino e suas funções reprodutivas, já os androgênios são aqueles hormônios responsáveis pelas características sexuais masculinas (SODRÉ, 2007).

No meio ambiente o destino final dos interferentes endócrinos está diretamente ligado à suas propriedades físico-químicas, dentre elas solubilidade em água, coeficiente de partição, hidrofibricidade, biomagnificação, coeficiente de adsorção e toxicidade (GHISELLI e JARDIM, 2007).

Tanto os interferentes endócrinos como as demais classes de poluentes ambientais tem uma variedade de fontes de poluição, todavia, pontuais e difusas. As fontes pontuais apresentam um ponto de entrada no meio ambiente bem caracterizado, geralmente através dos cursos d'água, as fontes difusas são definidas como sendo aquelas que não apresentam ponto de entrada no meio ambiente bem caracterizado. Entretanto, para os seres humanos, a mais importante fonte de contaminação do poluente em questão é a alimentação, uma vez que muitas dessas substâncias são utilizadas durante a produção de alimentos industrializados e/ou no seu processo de embalagem, ou ainda através da ingestão de água potável contaminada, pois vários destes contaminantes não são totalmente removidos ou degradados durante os processos empregados nas estações de tratamento, tanto de água como de esgoto (GHISELLI e JARDIM, 2007).

A Tabela 2 apresenta alguns dos principais interferentes endócrinos encontrados nos recursos naturais.

Tabela 2: Principais interferentes endócrinos.

Produtos	Contaminantes
Retardantes de chama	Defenil éteres polibromados (PBDE)
Aditivos industriais	Ácido etilendiaminotetra-acético (EDTA), ácido nitriloacético (NTA)
Aditivos de gasolina	Metil- <i>t</i> -butil éter (MTBE)
Hormônios naturais	17β-estradiol, progesterona,

	testosterona, estrona
Surfactantes (não iônicos)	Alquilfenóis lineares, carboxilados (SPC) e etoxilados (APEO), compostos perfluorados
Inibidores de corrosão	Benzotriazois, benzotiazois
Agrotóxicos/pesticidas	Atrazina, clordano, diclorvos, dieldrin, dimetoato, endolssulfan, hexaclorobenzeno, linuron, permetina, trifuralina
Ftalatos	Dietiltalato, dibutilftalato
Dioxinas e furanos	2,3,7,8-tetracloro-p-dioxina (2,3,7,8-TCDD)
Hidrocarbonetos poliaromáticos (PAH)	benzo[a]pireno, fluoranteno, antraceno, naftaleno

Fonte: Silva (2011), Ghiselli e Jardim (2007).

4.1.4 Drogas de Abuso

Segundo Postigo (2010, apud FEITOSA, 2013) nos últimos anos, pesquisas colocaram em evidência um novo grupo de contaminantes emergentes constituído por drogas de abuso e substâncias psicotrópicas, cuja produção, comercialização e consumo são proibidos, em alguns países, ou objeto de controle.

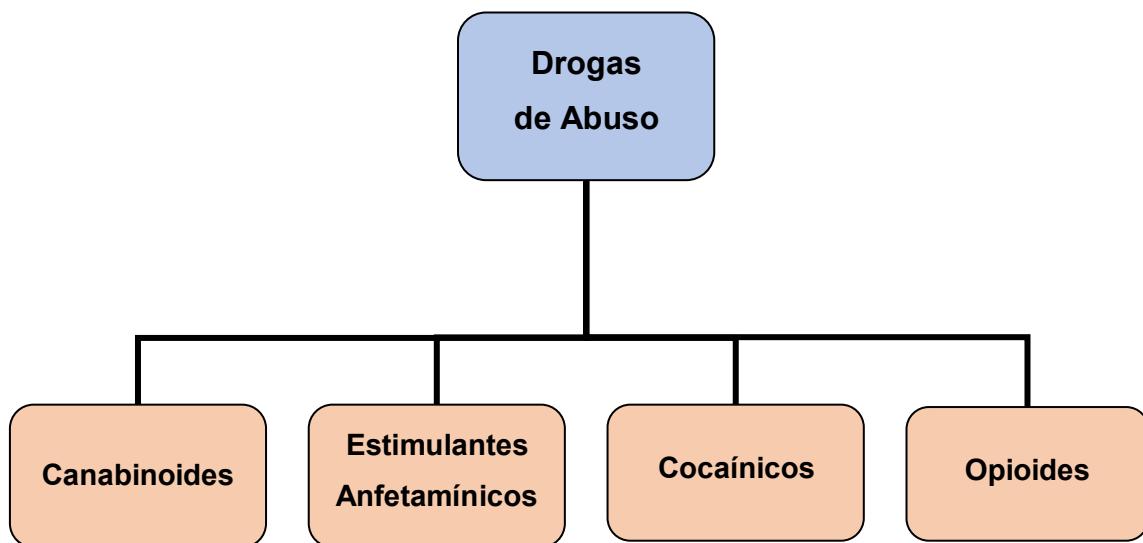
No Brasil, a definição sobre drogas de abuso está publicada na Portaria 344/1998 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (SVS) e suas atualizações. Segundo a Portaria drogas são substâncias ou matéria-prima que tenha finalidade medicamentosa ou sanitária. Também, a Portaria define quais substâncias e medicamentos são proscritos e quais estão sujeitos a mecanismos de controle especial relacionados a notificações, licenças, autorizações e prescrições médicas. De acordo com Carlini et.al (2001) em livros de Farmacologia o termo drogas de abuso refere-se a qualquer substância (tomada através de qualquer forma de administração) que altera o humor, o nível de percepção, ou ainda, o

funcionamento do Sistema Nervoso Central (desde medicamentos até álcool e solventes).

Por serem legalmente consideradas substâncias capazes de causar dependência, sua produção, comercialização, distribuição e consumo sob condições não previstas são tipificados como crimes, sendo os responsáveis sujeitos a processos penais cujas penas chegam a 20 anos de reclusão, segundo a Lei Federal nº 11.343/06.

As drogas de abuso abrangem uma grande variedade de substâncias químicas. Entretanto, uma das abordagens empregadas para a classificação destas substâncias busca ordená-las em quatro grupos distintos segundo o Relatório Anual do Observatório Europeu das Drogas e da Toxicodependência (EMCDDA, 2008), os canabinoides, estimulantes anfetamínicos e outras substâncias alucinógenas, cocaínicos e opioides, como é exemplificado na Figura 2.

Figura 2: Subclasses das drogas de abuso.



Fonte: Autoria própria.

Este trabalho não tem como intuito explicar a fundo cada um dos grupos das drogas de abuso, portanto, deu-se uma breve definição sobre cada um deles, apenas para compreensão do leitor.

4.1.4.1 Canabinoides

Este grupo comprehende os produtos derivados da planta *cannabis*. Os canabinoides são uma família de compostos estruturalmente diversa que possuem inúmeros efeitos biológicos (ALVES, 2015).

4.1.4.2 Estimulantes Anfetamínicos e Outras Substâncias Alucinógenas

Os estimulantes anfetamínicos, comprehendem substâncias sintéticas da família alfa-metilfenil-aminas que inclui a própria anfetamina, a metanfetamina e derivados do grupo do ecstasy, representados pelas substâncias 3,4-metilenodioxianfetamina (MDA), 3,4-metilenodioximetanfetamina (MDMA), entre outras (FEITOSA, 2013).

4.1.4.3 Cocaínicos

A cocaína é o principal representante deste grupo. É um alcaloide extraído das folhas da *Erytroxylon coca*, ou por síntese da ecgonina ou seus derivados, é também conhecida como coca ou epadu, este último nome foi dado por índios brasileiros. De acordo com Alves (2015) os alcaloides estão presentes na folha de duas espécies de seu gênero *Erytroxylum*, vulgarmente denominado de Coca: 1) *E. novogranatense*, cultivada legalmente e cuja produção destina-se à indústria farmacêutica, utilizada como anestésico local, ou à indústria alimentícia, como constituinte de chás; 2) *E. coca*, que é a principal fonte de produção ilícita.

4.1.4.4 Opioides

Ópio é a mistura alcalóide da planta papoula – *Papaver Somniferum*. Opoídeo é qualquer composto natural, semi-sintético ou sintético que se ligue especificamente aos receptores opioides e possua propriedades similares as dos opioides endógenos. De acordo com Feitosa (2013) os opioides incluem drogas que atuam em receptores celulares neuronais e específicos denominados receptores

opioides. Alguns opioides possuem grande aplicabilidade em medicina dada a capacidade de aliviar dores de diversas naturezas.

4.2 PROBLEMAS AMBIENTAIS CAUSADOS POR POLUENTES EMERGENTES

De acordo com Reis Filho et.al (2007) as ações de alguns poluentes emergentes sobre a biota acarretam disfunções reprodutivas e estudos apontam que também podem ser indutores de cânceres. Ainda segundo os autores citados, em relação aos seres humanos, embora ainda não tenham sido estabelecidas relações de causa e efeito conclusivas, várias pesquisas indicam a possibilidade de que a maior incidência de distúrbios como defeitos de nascimento, alterações comportamentais e neurológicas, deficiência imunológica, puberdade acelerada, qualidade do sêmen e cânceres tenham relação com poluentes emergentes com ação desreguladora endócrina.

Segundo Rosa (2008) a definição para as substâncias desreguladoras endócrinas ainda não é consensual, mas em todas existe um ponto em comum, que é a capacidade de interferir no funcionamento natural do sistema endócrino de homens e animais. Também, essas substâncias também têm a capacidade para desregular a reprodução e desenvolvimento de animais, além de induzir características sexuais femininas em espécies de peixes machos, podendo levar a esterilização ou redução da população (FERREIRA, 2008).

Para Ferreira (2008) doenças como câncer de mama, de útero e próstata, desenvolvimento sexual anormal, redução da fertilidade masculina, aumento do aparecimento de ovários policísticos, distúrbios de fertilização e gravidez anormal são relacionadas à exposição aos desreguladores endócrinos.

No meio ambiente, a ocorrência de poluentes emergentes se dá, quase sempre, pelo lançamento de esgotos domésticos *in natura* e efluentes tratados. Isso ocorre porque, de acordo com Carlsson et al (2006) os produtos farmacêuticos, seus metabólitos e conjugados, são excretados principalmente na urina ou fezes entrando nos sistemas de tratamento de esgotos onde podem ser degradados, adsorvido para lodo de esgoto, ou eventualmente diluído em águas superficiais. Assim o destino dos poluentes emergentes no meio ambiente é definido não só pelas características

físico químicas das substâncias, como também pelas propriedades do meio, reforçam os autores.

Apesar de evidências dos problemas ambientais e de saúde causados, muitos compostos emergentes ainda não são considerados problemáticos na atualidade pelo desconhecimento de seus efeitos fisiológicos no ambiente e nos humanos, isso porque o desenvolvimento e evolução de compostos bioativos ocorrem de forma rápida, sendo que em muitos casos os mecanismos de ação são novos para os sistemas biológicos.

4.3 PROCESSOS DE TRATAMENTO DE CONTAMINANTES EMERGENTES

Como foi abordado anteriormente, os contaminantes emergentes são, de fato, um problema atual na sociedade. O imenso número de substâncias que já se tem conhecimento traz malefícios aos ecossistemas e a saúde humana. Somado aquelas que ainda não foram descobertas, formam um cenário assustador e que precisa ser enfrentado.

Tudo que o ser humano consome vira resíduo, que de alguma forma, caso não sejam utilizadas as soluções corretas para o destino final, encontra um caminho para o recurso mais vital a qualquer forma de vida presente no planeta, a água.

Sendo assim, serão abordados a seguir alguns processos de tratamento levantados na bibliografia para eliminar ou amenizar as concentrações desses contaminantes nos recursos naturais.

4.3.1 Fotocatálise Heterogênea com Dióxido de Titânio

O processo fotocatalítico heterogêneo é uma tecnologia que vem ganhando importância recentemente no tratamento de contaminantes emergentes. Os sistemas heterogêneos se diferenciam dos homogêneos devido à presença dos catalisadores semicondutores, geralmente na forma sólida, formando um sistema de mais de uma fase. É baseado na irradiação (com uma fonte de luz ultravioleta) de semicondutores inorgânicos, mais comumente o dióxido de titânio (TiO_2), pois possui baixo custo e características importantes como fotoestabilidade e baixa toxicidade (MERG et al., 2010).

De acordo com Ferreira (2004) a grande vantagem do processo é que durante o tratamento os poluentes são eliminados e não transferidos de uma fase para outra, como ocorre em muitos processos convencionais.

Segundo Merge et al. (2010), apesar de ser comprovado o potencial de degradação desse processo utilizando luz solar, seu emprego em escala industrial ainda exige maiores estudos para torná-los competitivos em relação aos processos convencionais estabelecidos no mercado. Ainda segundo o autor citado, mesmo o TiO₂ possuindo elevada atividade catalítica, sua reutilização como catalisador fica muito comprometida, haja vista seu tamanho de partícula extremamente pequeno, o que dificulta processos de filtração.

4.3.2 Adsorção por Carvão Ativo

O tratamento de efluentes pelo método de carvão ativado se dá por meio da adsorção de componentes orgânicos e inorgânicos, que se encontram em dissolução na água e terminam por se fixar na superfície do carvão poroso ou dentro dos poros. Esse tratamento é bastante utilizado com a finalidade de remoção de substâncias não biodegradáveis, como pesticidas, fenóis e compostos que conferem cor, por exemplo. Uma das vantagens desse tipo de tratamento é a possibilidade de reutilização do carvão, através da remoção do material adsorvido.

O carvão ativo é um adsorvente microporoso que pode ser obtido de uma variedade de materiais carbonáceos, incluindo madeira, hulha, lignina, casca de coco, açúcares. Seu poder adsorvente é proveniente da alta área superficial e da presença de uma variedade de grupos funcionais em sua superfície (GUILARDUCI, 2006).

Para Figueiredo et al., (1999) o oxigênio é o principal átomo que aparece na rede de carbono, presente principalmente nos grupos funcionais carbonila, carboxila, hidroxila e enóis. Estes grupos superficiais influenciam a reatividade e as propriedades de adsorção do material.

4.3.3 Fenton e Foto-Fenton

O processo fenton, que foi descrito pela primeira vez em 1894, ocorre a partir da decomposição do peróxido de hidrogênio (H_2O_2). É realizado em meio ácido, promovendo a reação em radicais hidroxilas, conforme representado pela Equação 1 (HENLE et al., 1996).



Os radicais $\cdot OH$ formados oxidam as substâncias orgânicas.

No processo foto-fenton os íons Fe^{3+} sofrem um processo de fotólise, onde ocorre uma redução a Fe^{2+} devido à ação de radiação UV/visível. O Fe^{2+} formado reage com peróxido de hidrogênio promovendo a liberação de radicais hidroxilas que atuam na degradação dos poluentes persistentes. Algumas variáveis podem interferir diretamente na eficácia do processo, tais como: pH que deve ser igual a 3, tempo de exposição à radiação, concentração de peróxido de hidrogênio, adição de um catalisador diferente do ferro (NOGUEIRA et al., 2007).

Entre as vantagens do foto-fenton pode-se destacar o baixo custo dos aparelhamentos, principalmente pelo fato de poder usar a energia solar, uma vez que tem maior sensibilidade a luz num comprimento de 600nm, o que corresponde a 35% da irradiação solar, e ainda a vasta disponibilidade dos reagentes para comercialização (NAPOLEÃO, 2011).

Dentre algumas desvantagens é válido citar a necessidade de acidificação do efluente antes do processo e a adição de íons Fe^{2+} ao mesmo e sua posterior remoção (SASSANO, 2008).

4.3.4 Membranas de Nanofiltração

Os processos de separação por membranas podem ser empregados em um vasto número de aplicações em diferentes áreas, tais como: médica, biológica e farmacêutica, e em indústrias químicas e de alimentos (BAKER, 1991). Seu uso vem crescendo nos últimos anos, graças às vantagens de se utilizar baixas temperaturas

sem mudança do estado físico do solvente e, consequentemente, com menor consumo energético (MATTA, 2004).

A nanofiltração, por sua vez, é um processo capaz de promover separações de moléculas numa ampla faixa de peso molecular, podendo ser empregado na indústria de química fina (separação de moléculas orgânicas), e também na recuperação de moléculas com altos valores agregados (como fármacos, enzimas e biocatalizadores) (CARVALHO, 2001).

Segundo Gonçalvez (2011), algumas das vantagens desse processo são a menor utilização de químicos para o tratamento, menores requisitos de operação pois podem facilmente ser automatizados.

4.3.5 Ozonização

A ozonização é um processo oxidativo, no qual o agente oxidante utilizado é o ozônio (O_3). O ozônio é um gás existente no meio ambiente natural. É uma forma alotrópica (capacidade de um elemento químico formar duas ou mais substâncias simples diferentes) do oxigênio, pois é formado por três de seus átomos. É gerado a partir de descargas elétricas nas moléculas de oxigênio (O_2). As reações envolvidas na ozonização podem ser diretamente do ozônio com as substâncias orgânicas presentes no efluente ou indiretamente através dos radicais $\cdot OH$ (BILA, 2000).

A formação dos radicais hidroxilas pode ser intensificada na ozonização a partir da adição de peróxido de hidrogênio (H_2O_2), catalisadores e, em efluentes clarificados, a conjunção de radiação ultravioleta (UV) (RODRIGUES, 2004).

Esse método apresenta várias vantagens, dentre elas pode-se citar o alto potencial de oxidação do ozônio que, mesmo em baixas concentrações, apresenta alta eficiência na decomposição de matéria orgânica, a adição de oxigênio à água, a baixa sensibilidade a alterações de temperatura. Entre desvantagens deste processo, tem-se a alta reatividade e instabilidade do agente oxidante, impedindo seu transporte, armazenamento e permanência por longo período na água, logo é necessário produzi-lo no próprio local de aplicação.

A alta reatividade do ozônio, que implica na sua instabilidade, pode ser considerada uma característica vantajosa, pois o efluente, depois de tratado, não apresenta residual significativo do oxidante que possa ser prejudicial ao

ecossistema. Outro ponto importante é que o ozônio é decomposto naturalmente em oxigênio, produto não poluente e necessário as atividades biológicas (MANAHAN, 2005).

4.3.6 Biorremediação

Segundo Oliveira (2008), a biorremediação pode ser definida como um conjunto de tecnologias que utilizam processos biológicos aplicados à remediação de áreas contaminadas, tratamento de compostos orgânicos tóxicos ou efluentes, contendo resíduos, que devem ser eliminados antes da liberação no ambiente.

O uso de biorremediação para o controle e remoção de contaminantes presentes na água e solo constitui-se em uma técnica criteriosamente explorada, dentre os inúmeros processos biológicos existentes para minimizar os impactos ambientais e os efeitos indesejados promovidos por estes compostos xenobióticos ao homem (LÓPEZ et al., 2005).

Geralmente, os microrganismos utilizados são bactérias, fungos filamentosos e leveduras, que podem ser de ocorrência natural ou provenientes de bancos de culturas microbiológicas. Várias pesquisas têm sido realizadas com a finalidade de isolar, identificar e selecionar bactérias e fungos capazes de biodegradar agrotóxicos (SILVA, 2011).

Segundo Monteiro (2013), os fungos, *Trametes villosa*, *Pycnosporus sanguineus*, *Lentinus edodes*, *Pleurotus ostreatus* e *Pleurotus sp.*, demonstraram tolerância a presença da atrazina, contaminante presente em herbicidas, indicando potencial para remediação de ambientes contaminados.

Mesmo sendo um processo com relativo baixo investimento, as condições ideais de operação tornam-se um empecilho em sua escolha, uma vez que faz-se necessário um clima favorável e o monitoramento de alguns fatores como o pH e nível de oxigênio, turbidez, temperatura a fim de garantir o melhor ambiente possível para os organismos realizarem a degradação do contaminante presente.

5 COMPARAÇÃO ENTRE OS PROCESSOS DE TRATAMENTO

Com base nos métodos de tratamento levantados na bibliografia específica, elaborou-se a Tabela 3 que mostra as principais vantagens e desvantagens de cada um.

Tabela 3: Vantagens e desvantagens dos processos de tratamento.

Processo	Vantagens	Desvantagens
Fotocatálise Heterogênia com Dióxido de Titânio	<p>Os contaminantes são eliminados e não apenas transferidos de uma fase para outra.</p> <p>O dióxido de titânio possui baixo custo e características importantes como fotoestabilidade e baixa toxicidade.</p>	<p>A base de dióxido de titânio fica muito comprometida após intenso uso, o que impede a sua reutilização.</p> <p>Apesar de ser comprovado o potencial de degradação desses processos utilizando luz solar, ainda é preciso desenvolver o modelo para se tornar competitivo com outros mais simples no mercado.</p>
Fenton e Foto-Fenton	<p>Não há necessidade de radiação UV, como também de alto consumo de energia;</p> <p>Integração a outros processos.</p>	<p>Existe a possibilidade de formação de componentes tóxicos.</p> <p>Deve haver a acidificação do efluente antes do processo ($\text{pH} = 3,0$).</p> <p>Sensível a mudanças de pH, necessitando de controle.</p>
Adsorção por Carvão Ativo	<p>Pode ser usado como tratamento primário.</p> <p>A matéria prima é de fácil acesso.</p>	<p>Alto custo em relação a eficiência, quando comparado a outros processos.</p>
Membranas de Nanofiltração	<p>Pode ser utilizado a baixas temperaturas sem mudança do estado físico do solvente e, consequentemente, com</p>	<p>Declínio da vazão ao longo do tempo.</p> <p>Pode ocorrer depósitos de substâncias nas membranas.</p>

	<p>menor consumo energético.</p> <p>Capaz de promover separações de moléculas numa ampla faixa de peso molecular;</p> <p>Recuperação de moléculas com altos valores agregados;</p> <p>Menor utilização de químicos.</p> <p>Possibilidade de automação.</p>	
Ozonização	<p>Alto potencial de oxidação do ozônio que, mesmo em baixas concentrações, apresenta alta eficiência na decomposição de matéria orgânica.</p> <p>Adição de oxigênio à água;</p> <p>Baixa sensibilidade a alterações de temperatura.</p> <p>Alta reatividade do ozônio.</p> <p>Ozônio se decompõe naturalmente em oxigênio.</p>	<p>Alta reatividade e instabilidade do agente oxidante, impedindo seu transporte, armazenamento e permanência por longo período na água, logo é necessário produzi-lo no próprio local de aplicação.</p>
Biorremediação	<p>Procedimento simples, de baixo custo e sem utilização de reagentes tóxicos.</p>	<p>Alta concentração de amônia e nitratos.</p> <p>É um processo mais lento, pois depende do desenvolvimento e do metabolismo dos microrganismos utilizados;</p> <p>Monitoramento de pH, temperatura e outros parâmetros.</p>

Pela Tabela 3 verifica-se que, em termos de custo e versatilidade, o tratamento de poluentes emergentes pelo método de Membrana de Nanofiltração, se apresenta como o mais eficiente. Isso pode ocorrer porque é possível modelar a

membrana para os mais variados tamanhos de contaminantes, sejam eles micro ou macroscópicos. Também, o material da membrana pode ser substituído por aquele que atenda da melhor maneira as necessidades do engenheiro, responsável pelo tratamento do corpo hídrico que se encontre contaminado.

O fato da Membrana de Nanofiltração ser bastante eficiente, não exclui a hipótese de que os demais métodos possam vir a serem viáveis, no futuro, para o tratamento de alguns contaminantes, uma vez que todos apresentaram resultados satisfatórios.

No caso de se precisar de um método de rápida resposta a um certo contaminante, a ozonização é uma opção válida visto que, o ozônio é altamente reativo, o que implica também num rápido retorno.

Já nos casos em que o capital de investimento limita o tipo do método de tratamento a ser adotado, a biorremediação se apresenta como uma boa alternativa devido ao seu baixo custo de operação e manutenção. Porém os resultados demoram mais para aparecer, visto que depende do desenvolvimento de organismos específicos, como também do controle das condições ambientais tais como pH, temperatura, turbidez, oxigênio dissolvido, entre outros.

Importante ressaltar que os métodos levantados neste trabalho são utilizados, como sendo de nível terciário, na remoção de contaminantes emergentes em geral e não para um poluente específico.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O tema, contaminantes emergentes, ainda é relativamente recente na literatura. Isso ficou evidente, principalmente, pela dificuldade em encontrar trabalhos aplicando processos de tratamentos para sua redução ou eliminação nos efluentes tratados.

No entanto, a problemática que o tema traz é bem trabalhada na literatura. Tais contaminantes foram organizados por classes e subclasses, e abordado resumidamente no trabalho, destacando-se os problemas ambientais e de saúde por eles causados.

No levantamento bibliográfico foi possível verificar que muitas substâncias oferecem, de fato, muitos riscos aos recursos naturais e ao homem. Além disso, não

são removidas pelos processos usuais de tratamento de efluentes. Também não foram ainda, em geral, legislados, ou seja, não se definiu seus limites nos corpos hídricos e nem seus padrões de lançamento.

Pelos poucos dados obtidos no levantamento bibliográfico pode-se afirmar que alguns métodos estudados para a remoção de poluentes emergentes apresentam respostas satisfatórias em curto prazo como a ozonização, outros são menos custosos como é o caso da biorremediação, e ainda tem-se a nanofiltração que apresenta grande versatilidade e eficiência.

É interessante que outros projetos sejam desenvolvidos na área, com intuito de sempre melhorar a qualidade de vida da população, garantindo saúde e bem estar a todos, como também o meio ambiente.

7 REFERÊNCIAS

- ALVES, M. N. R. Análise de canabinóides e cocaínicos em amostras de cabelo e sua correlação com sintomas psiquiátricos. Tese de doutorado. Catálogo USP. 2015.
- AMÉRICO, J. H. P.; TORRES, N. H. ; AMÉRICO, G. H. P. ; CARVALHO, S. L. . Ocorrência, destino e potenciais impactos dos fármacos no ambiente. SaBios (Faculdade Integrado de Campo Mourão. Online), v. 8, p. 59-72, 2013.
- BAKER, R. W.; CUSSLER, E. L; EYKAMP, W.; KOROS, W. J.; RILEY, R. L & STRATHMAN, H. - “Membrane separation systems. Recent development and future directions”, Noyes Data Co., New Jersey (1991).
- BILA, D. M., “Aplicação de processos combinados no tratamento de chorume”, Tese de Mestrado, PEQ/COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, Brasil, 2000.
- BILA, D. M.; Dezotti, M. Fármacos no meio Ambiente. *Quím. Nova*, Ago 2003, vol.26, no.4, p.523-530. ISSN 0100-4042.
- BUCHBERGER, W. W. Current approaches to trace analysis of pharmaceuticals and personal care products in the environment. *Journal Of Chromatography A*, v. 1218, p. 603-618, 2011.
- CARLINI, E. A.; NAPPO, S. A.; GALDUROZ, J. C. F. e NOTO, A. R. Drogas psicotrópicas – o que são e como agem. *Revista IMESC* nº3,2001. PP. 9-35
- CARLSSON, C.; JOHANSSON, A. K.; ALVAN, G.; BERGMAN, K.; KUHLER, T. Are pharmaceuticals potent environmental pollutants? Part I: Environmental risk assessments of selected active pharmaceutical ingredients. *Science of the Total Environment* 364 (2006) 67–87
- CARVALHO, R. B.; BORGES, C. P.; NOBREGA, R. . Formação de membranas planas Celulósicas por espalhamento duplo para os Processos de Nanofiltração e Osmose Inversa. *Polímeros*, São Carlos, PS, v. XI, n.2, p. 65-75, 2001.
- CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. Metodologia científica. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. p 55.
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A., DA SILVA, R. Metodologia científica. 5. ed. São Paulo; Prentice Hall, 2007.

CONLEY, J. M.; SYMES, S. J.; KINDELBERGER, S. A; RICHARDS, S. M. Rapid liquid chromatography-tandem mass spectrometry method for the determination of a broad mixture of pharmaceuticals in surface water. *Journal of chromatography. A*, v. 1185, n. 2, p. 206-15, 28, 2008.

EMCDDA; Assessing illicit drugs in wastewater - Potential and limitations of a new monitoring approach, European Monitoring Centre for Drugs and Drug Addiction. Disponível em:
http://www.emcdda.europa.eu/system/files/publications/2273/TDXD16022ENC_4.pdf. Acessado em Maio de 2017

EPA - Environmental Protection Agency. EPA's Endocrine Disruptor Screening Program Should Establish Management Controls to Ensure More Timely Results. Washington, DC: Office of inspector general EPA/11/P/0215, 2011.

FEITOSA, R. S. ; SODRÉ, F. F. ; MALDANER, A. O. . Drogas de abuso em águas naturais e resíduárias urbanas: ocorrência, determinação e aplicações forenses. *Química Nova*, v. 36, p. 291-305, 2013.

FERREIRA, M.G.M. Remoção da atividade estrogênica de 17β -estradiol e de 17α -etinilestradiol pelos processos de ozonização e O_3 /H_2O_2 . Tese de Doutorado em Ciências em Engenharia Química . Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2008. 173p.

FERREIRA, I. V. L.; DANIEL, L. A. Fotocatálise heterogênea com TiO_2 aplicada ao tratamento de esgoto sanitário secundário. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, Rio de Janeiro, v. 9, n.4, p. 335-342, 2004.

Figueiredo, J. L.; Pereira, M. F. R.; Freitas, M. M. A.; Órfão, J. J. M.; Carbon 1999, V. 37, p 1379.

GUILARDUCI, V. V. S.; MESQUITA, J. P.; MARTELLI, P B.; GORGULHO H. F.; Adsorção de fenol sobre carvão ativado em meio alcalino. *Química Nova*, v. 29, p. 1226-1232, 2006.

GHISELLI, G., JARDIM, W. F. Interferentes Endócrinos no Ambiente. *Quim. Nova*, v. 30, n. 3, p. 695-706, 2007.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 3. ed. reimpr. São Paulo: Atlas, 1991.

GONÇALVES, A. I. B. Avaliação da Reutilização de Água Residual Tratada para Consumo Humano por Processos de Separação por Membranas. 2011. f 101. Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

HENLE, E. S.; LUO, Y.; LINN, S.; Fe²⁺, Fe³⁺ and oxygen react with DNA-Derived radicals formed during iron-mediates fenton reactions, *Biochemistry*, v. 35, p. 12212-12219, 1996.

HERNÁNDEZ-LEAL, L. Removal of micropollutants from aerobically treated grey water via ozone and activated carbon. *Water Research*, v. 45, p. 2887- 2896, 2011.

IDE, A. H.; Produtos farmacêuticos e de higiene pessoal no Rio Iguaçu e seus afluentes. 2014. f 119. Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental. Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental. UTFP.

Kuster, M.; De Alda, M. J. L.; Barceló D. Em *The Handbook of Environmental Chemistry*; Barceló, D.; Petrovic, M.; Aguera, A., eds.; Springer-Verlag: Berlin, 2005, vol. 5, p. 1-24.

Lei Federal nº 11.343/06, de 23/08/2006. Disponível em:
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11343.htm, acessada em Maio de 2017.

LÓPEZ, L.; POZO,C.; RODELAS,B.; CALVO,C.; JUAREZ,B.; TOLEDO, M.V.M.; LÓPEZ, J.G. Identification of bacteria isolated from an oligotrophic lake with pesticide removal capacites. *Ecotoxicology* 14, p. 299–312,2005.

MATTA, V. M.; MORETTI, R. H.; CABRAL, L. M. C. Microfiltration and reverse osmosis for clarification and concentration of acerola juice. *Journal of Food Engineering*, v. 61, n. 3, p. 477-482, 2004.

MANAHAN, S. E.; Envromental Chemistry, 8^a ed., CRC Press: Boca Raton, 2005.

MERG, J. C.; ROSSETT, F.; PENHA, F.; PERGHER, S. B. C.; PETKOWICZ, D. I.; SANTOS, J. H. Z. dos. Incorporação de dióxido de titânio em zeólitas para emprego em fotocatálise heterogênea. *Química Nova*, v. 33, p. 1525-1528, 2010.

MONTEIRO, K. B. S.; Remoção do herbicida atrazina por fungos de decomposição branca. 2013. f 140. Dissertação de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária. Universidade Federal de Goiás.

NAPOLEÃO, D. C.; Avaliação e tratamento de contaminantes emergentes (ácido acetilsalicílico, diclofenaco e paracetamol) utilizando processos oxidativos avançados. 2011. f 100. Tese de Mestrado. UFPE, Recife.

NOGUEIRA, R. F. P.; TROVÓ, A. G.; SILVA, M. R. A.; VILLA, R. D.; OLIVEIRA, M. C. Fundamentos e aplicações ambientais dos processos Fenton e foto-Fenton. Química Nova, v. 30, n. 2, p. 400- 408, 2007.

OLIVEIRA,S.D.; LEMOS,J.L.S.; BARROS, C.A.; LEITE,S.G.F. Emprego de Fungos Filamentosos na Biorremediação de Solos Contaminados por Petróleo: Estado da Arte. Série Tecnologia Ambiental –STA 45, CETEM/MCT,2008.

PÁDUA, V. L. de. Projeto PROSAB: Remoção de microorganismos emergentes e microcontaminantes orgânicos no tratamento de água para consumo humano. Rio de Janeiro: ABES, 2009.

PETROVIC, M.; BARCELÓ, D. Liquid Chromatography-mass Spectrometry in the Analysis of the Emerging Environmental Contaminants; *Anal. Bional. Chem.*; 382, p 422. 2006.

Portaria SVS/MS Nº 344, de 12/05/1998, Ministério da Saúde. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1998/prt0344_12_05_1998_rep.html. Acessado em Maio de 2017.

POSTIGO, C.; LÓPEZ DE ALDA, M. J.; BARCELÓ, D.; Environ. Int. 2010, 36, 75.

RAIMUNDO C. C. M. Contaminantes emergentes em água tratada e seus mananciais: sazonalidade, remoção e atividade estrogênica. Tese de Doutorado. UNICAMP, Campinas, 2011.

REIS FILHO, R. W.; LUVIZOTTO-SANTOS, R.; VIEIRA, E. M. Poluentes Emergentes como Desreguladores Endócrinos. Journal of The Brazilian Society of Ecotoxicology, v. 2, p. 283-288, 2007.

RICHARDSON, S.D.; TEMES, T.A. (2011) Water analysis: Emerging Contaminants and Current Issues; *Anal. Chem.*; 83, p 4614.

RODRIGUES, F. S. F.; APLICAÇÃO DA OZONIZAÇÃO E DO REATIVO DE FENTON COMO PRÉ- TRATAMENTO DE CHORUME COM OS OBJETIVOS DE REDUÇÃO DA TOXICIDADE E DO IMPACTO NO PROCESSO BIOLÓGICO. 2004. f 90. Dissertação de mestrado em Recursos Hídricos. COPPE/UFRJ.

ROSA, R.M.R. (2008). Contribuição para o estudo de Compostos Desreguladores Endócrinos (EDC) em estações de tratamento de águas residuais (ETAR): estudo da remoção de EDC'S numa ETAR com tratamento terciário. Universidade Nova de Lisboa. Tese de Mestrado. 143p.

SASSANO, F. C. N., Integração entre os processos foto Fenton e lodo ativado no tratamento de efluentes contendo compostos orgânicos recalcitrantes. 2008. f 87. Tese de Mestrado. Escola Politécnica da USP.

SILVA, C.B. Redução do Acefato Utilizando Lacases Produzidas por *Trametes villosa* e *Pycnoporus sanguineus* com Trichodermas Isolados do Cerrado. 2011. Dissertação apresentado no Mestrado da Escola de Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás.

SILVA, C. G. A.; COLLINES, C. H. Aplicações de cromatografia líquida de alta eficiência para o estudo de poluentes orgânicos emergentes. *Química Nova*, v. 34, p. 665-676, 2011.

SODRÉ, F. F.; LOCATELLI, M. A. F.; MONTAGNER. C.; JARDIM, W. F. Origem e destino de interferentes endócrinos em águas naturais. Caderno Temático, Universidade Estadual de Campinas, v. 6, Abr 2007.

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

SOUSA, P. A. R. Avaliação da adsorção de contaminantes emergentes pela casca de banana e folhas da *Typha Angustifolia L.*. 2015. 97 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal de Goiás, Catalão, 2015.

TOGOLA, A.; BUDZINSKI, H. Multi-residue analysis of pharmaceutical compounds in aqueous samples. *Journal of Chromatography A*, v. 1177, p. 150-158, 2008.