

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE
DO SUL – *CAMPUS* SERTÃO

Kleber Alberton

**MEDICAMENTOS COMO FONTE DE POLUIÇÃO: UMA ANÁLISE DE
SEU IMPACTO COMO MICROPOLUENTE**

Sertão
2022

KLEBER ALBERTON

**MEDICAMENTOS COMO FONTE DE POLUIÇÃO: UMA ANÁLISE DE
SEU IMPACTO COMO MICROPOLUENTE**

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação
Lato Sensu - Especialização em Desenvolvimento e
Inovação, do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus* Sertão,
como requisito parcial à conclusão do curso.

Orientadora Prof.(a) Dr.(a) Lia Beraldo Balestrin

Coordenadora Prof. (a) Dr (a): Ana Sara Castaman

Sertão

2022

A333m ALBERTON, Kleber

Medicamentos como fonte de poluição : uma análise de seu impacto como micro poluente / Kleber Alberton ;

Orientadora Profa. Dra. Lia Beraldo Balestrin. -- Sertão, RS, 2022.

27 f.

Monografia apresentada ao Curso de Pós-Graduação *Latu Sensu* – Especialização em Desenvolvimento e Inovação

do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul -- *Campus* Sertão como requisito parcial para conclusão do curso.

1. Fármacos. 2. Resíduos. 3. Contaminantes.
4. Meio Ambiente I. BALESTRIN, Lia Beraldo. II. Título.

CDU 615

Catalogação: Bibliotecário Victor de Carvalho Gonçalves – CRB 1/2947

FOLHA DE APROVAÇÃO

Kleber Alberton

MEDICAMENTOS COMO FONTE DE POLUIÇÃO: UMA ANÁLISE DE SEU IMPACTO COMO MICROPOLUENTE

Monografia apresentada ao Curso de Pós- Graduação *Lato Sensu* - Especialização em Desenvolvimento e Inovação, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – *Campus Sertão*, como requisito parcial à conclusão do curso.

Aprovada em 29 de novembro de 2022.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 ODIVAN ZANELLA
Data: 30/11/2022 15:36:24-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Odivan Zanella Examinador

IFRS - *CAMPUS ERECHIM*

Documento assinado digitalmente
 TAIS LETICIA BERNARDI
Data: 30/11/2022 15:29:43-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof^a. Taís Letícia Bernardi Examinador

IFRS - *CAMPUS SERTÃO*

Documento assinado digitalmente
 LIA BERALDO DA SILVEIRA BALESTRIN
Data: 30/11/2022 15:45:25-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Lia Beraldo da Silveira Balestrin
Examinador IFRS - *CAMPUS SERTÃO*

Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradecer, em primeiro lugar, a Deus, que nos conduziu e nos deu forças para chegarmos até aqui e concluir com êxito esse trabalho.

Agradecer aos nossos pais e familiares pelo apoio e incentivo em todos os momentos que precisamos, dando suporte para a realização desse sonho, apesar de todas as dificuldades.

Aos nossos amigos e colegas de trabalho pela disposição, companheirismo e trabalho em equipe que foram de suma importância à concretização do mesmo.

Aos professores do curso de Pós Graduação em Inovação e Desenvolvimento do Instituto Federal de Educação do Rio Grande do Sul - *Campus Sertão*.

Em especial, pela Professora orientadora Lia Beraldo da Silveira Balestrin, pela orientação precisa para finalização desse projeto.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte do processo de conclusão desse trabalho.

RESUMO

MEDICAMENTOS COMO FONTE DE POLUIÇÃO: UMA ANÁLISE DE SEU IMPACTO COMO MICROPOLUENTE

Kleber Alberton; Lia Beraldo da Silveira Balestrin

Resumo: Resíduos de produtos farmacêuticos nos ecossistemas constituem uma preocupação cotidiana reconhecida em todo planeta. Sua presença como contaminante foi detectada em sistemas em águas residuais, águas subterrâneas e até mesmo na água potável e no solo. Isso representa riscos para a saúde dos seres humanos e da vida selvagem, atingindo populações de vários países, inclusive no Brasil, onde o mercado farmacêutico está em constante expansão. O objetivo deste trabalho está centrado em estudar o impacto de uma classe de medicamentos, os antidepressivos, no meio ambiente e saúde de uma população. Além disso, serão verificadas as formas de tratar os resíduos de medicamentos. Finalmente, será feita uma proposta educativa relacionada com o descarte responsável de medicamentos. Os efeitos adversos dos resíduos de produtos farmacêuticos nos ecossistemas variam desde a disseminação da resistência antimicrobiana e sobrevivência das espécies até a interferência com reprodução e aumento da incidência de câncer em humanos. Além disso, é preciso maior rigidez em relação à legislação que orienta o descarte e tratamento de tais resíduos. Em alguns países desenvolvidos, as leis, diretivas, programas e iniciativas relativas ao processo relativo à gestão do descarte adequado de resíduos no meio ambiente são muito mais eficazes e tratam este problema de uma forma muito mais concreta. No Brasil, as leis federais que tratam da gestão do descarte adequado de resíduos de produtos farmacêuticos nos ecossistemas são recentes, com inúmeras lacunas que permitem o não cumprimento dessas normativas, tornando a prática do descarte desses resíduos recorrente. Assim, é de grande importância alertar a população sobre os impactos dessa classe de micropoluentes e conscientizar a respeito de seu papel enquanto consumidor responsável.

Palavras-chave: fármacos; resíduos; contaminantes; meio ambiente

Abstract: Waste pharmaceuticals in ecosystems are a recognized daily concern throughout the planet. Its presence as a contaminant was detected in wastewater, groundwater and even drinking water and soil systems. This poses risks to the health of humans and wildlife, affecting populations from several countries, including Brazil, where the pharmaceutical market is constantly expanding. The objective of this work is to study the impact of a class of medications, the antidepressants, on the environment and the effect in the health of a population. In addition, ways of treating drug residues will be checked. Finally, an educational proposal will be made related to the responsible disposal of medicines in ecosystems. The adverse effects of pharmaceutical residues on ecosystems range from the spread of antimicrobial resistance and species survival to interference with reproduction and increased incidence of cancer in humans. Moreover, it is necessary greater rigidity in relation to the legislation that guides the disposal and treatment of such waste. In some developed countries, laws, directives, programs and initiatives relating to the process of managing the proper disposal of waste in the environment are much more effective and deal with this problem in a much more concrete way. In Brazil, federal laws dealing with the management of the proper disposal of pharmaceutical waste in ecosystems are recent, with numerous gaps that allow non-compliance with these regulations, making the practice of disposal of these wastes recurrent. Thus, it is of great importance to warn the population about the impacts of this class of micropollutants and to raise awareness about its role as responsible consumer.

Key-words: medicines; waste; contaminants; environment

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	03
2.1 Contaminação do solo e da água por ingredientes farmacêuticos ativos e produtos farmacêuticos	05
2.2 Descarte de medicamentos vencidos, não utilizados ou indesejados.....	06
2.3 Esquemas de coleta e regulamentação sobre descarte de medicamentos em todo o mundo...	07
2.4 A Regulamentação governamental sobre o descarte de drogas no Brasil.....	08
3. METODOLOGIA	09
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
4.1 Efeito de medicamentos na fauna.....	10
4.2 Efeito de medicamentos na flora.....	11
4.3 Efeito de medicamentos na saúde do homem.....	12
4.4 Forma de tratamento de micropoluentes da classe de antidepressivos.....	13
4.5 Análise do efeito dos antidepressivos no ecossistema e seu tratamento.....	15
4.6 Proposta Educativa.....	16
5. CONCLUSÃO.....	18
REFERÊNCIAS.....	19

1. INTRODUÇÃO

O descarte inadequado de resíduos de medicamentos, isto é, medicamentos em desuso ou fora do prazo de validade, provoca um importante impacto ambiental devido ao potencial risco de contaminação de rios e águas superficiais, alterando o equilíbrio de ecossistemas. A ocorrência de contaminação nos ecossistemas por ingredientes farmacêuticos ativos e de seus metabólitos, descartados pelas residências e sistemas de saúde, é comprovada por diversos estudos realizados ao longo dos últimos anos em diferentes partes do mundo. Assim, esse problema foi reconhecido como uma questão emergente de âmbito global (PINTO et al., 2014; MORRETTO et al., 2020).

Diante do exposto, o presente estudo possui o objetivo de (1) estudar o impacto de uma classe de medicamentos no meio ambiente e na saúde de uma população; (2) elencar os tratamentos para eliminar ou reduzir essas substâncias nos recursos hídricos; (3) analisar os dispositivos legais e normativos internacional e nacional referente à gestão de produtos farmacêuticos e de seus resíduos pós-consumo; (4) propor um material de divulgação educativo de modo a impulsionar o descarte responsável de medicamentos pela sociedade.

A contaminação por ingredientes farmacêuticos ativos e de seus derivados se dá a partir de diversas fontes antropogênicas e são distribuídos por meio de matrizes ambientais. Além disso, estudos detectaram drogas ilícitas e seus metabólitos relacionados, podemos apresentar como por exemplo, a cocaína, metanfetamina, opioides, cetamina, benzoilecgonina, entre outros. Tais compostos foram detectados presentes em águas residuais de diversas localidades urbanas, contribuindo para o agravamento do problema da potabilidade da água de preocupações ambientais emergentes precisa ser identificada e quantificada, devido às questões ambientais e biológicas. Destaca-se ainda que uma ampla gama de contaminantes não são identificados, embora grandes avanços tenham sido feitos na detecção e análise de vestígios de poluentes nas últimas décadas, devido ao desenvolvimento contínuo e refinamento de técnicas específicas (MONTES-GRAJALES et al., 2017).

Este trabalho se concentrou em fazer uma análise centrada em medicamentos da classe dos antidepressivos, visto que tais medicamentos e também seus metabólitos (ingredientes farmacêuticos ativos e de produtos derivados de ingredientes farmacêuticos ativos) são relacionados como os que representam uma maior toxicidade para os ecossistemas. Tais compostos possuem a capacidade de apresentar mobilidade e persistência no ar, água, solo, sedimentos e receptores ecológicos mesmo em baixas concentrações. Além disso, ainda se faz necessários estudos mais amplos sobre seu destino e comportamento nos ecossistemas, bem

como sobre ameaças à saúde ecológica e humana (PINTO et al., 2014; MORRETTO et al., 2020).

Destaca-se também que, no mundo, mais de 300 milhões de indivíduos sofrem algum transtorno relacionado ao processo de depressão (OMS, 2017). Conseqüentemente, os antidepressivos tornaram-se um dos grupos de fármacos mais prescritos para este tipo de sintomas. No âmbito geral, os sintomas depressivos clinicamente significativos são mais prevalentes entre as mulheres do que entre os homens, entre os idosos do que os jovens, e entre as populações rurais do que aquelas que residem em áreas urbanas (LIM et al., 2018). A depressão é a principal causa das morbidades em todo o mundo (FRIEDRICH, 2017). A depressão não tratada tem sido consistentemente ligada a conseqüências negativas em todos os domínios dos desfechos biopsicossociais, podendo em inúmeros casos provocar o suicídio ou uma tendência exacerbada (FRIEDRICH, 2017).

A ocorrência de medicamentos para depressão no meio ambiente tem levantado preocupações em todo o mundo devido ao seu impacto nos ecossistemas. Através de vários estudos, verificou-se que os medicamentos e os seus metabólitos exerciam sua ação sobre os organismos vivos pertencentes a esses ecossistemas, principalmente no ambiente aquático.

Os medicamentos antidepressivos os inibidores seletivos da receptação da serotonina (ISRS's) incluem os fármacos Citalopram, Escitalopram, Fluoxetina, Fluvoxamina, Paroxetina, Sertralina e Vilazona. Eles são empregados na terapêutica de uma gama importante de diferentes patologias nos indivíduos humanos como, por exemplo, distúrbios de ansiedade, distúrbio de alimentação, distúrbios de personalidade e principalmente de depressão.

Embora estes fármacos apresentem o mesmo mecanismo de ação, diferenças em suas propriedades químicas e clínicas tornam a seleção importante na terapêutica para a prescrição nos indivíduos humanos. Os ISRS's apresentam uma margem terapêutica bastante ampla; são geralmente simples de administrar via oral, com pouca necessidade de ajustes de concentração.

Os ISRS's são encontrados frequentemente em efluente e águas residuais. Além disso, mesmo em concentrações reduzidas, provocam inúmeros efeitos biológicos deletérios, como inibição do desenvolvimento fisiológico, inibição da reprodução das espécies, restrição dos processos de locomoção facilitando ação de predadores, aumento de respostas ao stress fisiológico nos ecossistemas. Essa classe de medicamento pode ser facilmente detectada em organismos vivos como peixes, crustáceos e moluscos consumidos por indivíduos humanos especialmente no tecido cerebral, hepático e plasma sanguíneo, também são encontrados nos tecidos musculares dos animais que possuem o habitat nos efluentes de águas residuais.

Assim, observando os riscos para o meio ambiente e para a saúde do próprio homem, esse trabalho identifica três propostas necessárias para reduzir o impacto de tais compostos no meio ambiente:

a) Estímulo a realização de campanhas de intervenção com caráter educativo da população e de conscientização da sociedade sobre efeitos em longo prazo do descarte inadequado de medicamentos no lixo doméstico e nos esgotos. Implementação eficaz de programas de recolhimento de medicamentos descartados de fácil acolhimento pela população em geral.

b) O desenvolvimento e modernização das estações de tratamento de esgotos e de águas residuais com a utilização de técnicas mecânicas e físico-químicas que permitam a remoção eficiente dos resíduos farmacêuticos e seus metabólitos como o emprego, por exemplo, de filtro de membranas porosas e carvão ativo.

c) Aumento da monitoramento de tais compostos nos ecossistemas e dos seus impactos com o principal objetivo de aumentar os conhecimentos técnicos científicos que se estruturam em relação ao seu impacto nos ecossistemas.

Este trabalho concentrou-se em uma ampla busca na literatura dos efeitos dessa classe de medicamentos e seus metabólitos para a flora, a fauna e para a própria saúde do homem, de modo a sintetizar seus riscos. Além disso, buscou-se estudar formas de tratamentos de tais resíduos a fim de remediar e reduzir o impacto da persistência de tais compostos no meio ambiente. Ao final, foi elaborada uma proposta educativa a fim de auxiliar na conscientização da população com relação a este tema abordado.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A indústria farmacêutica e a de saúde no Brasil encontram-se em expansão e a contaminação provocada por descarte inapropriado de produtos farmacêuticos no meio ambiente surge como uma preocupação relativa ao âmbito de saúde pública local e mundial. No entanto, essa questão ambiental e de saúde pública é negligenciada pela população em geral. Acrescidos aos despejos cada vez maiores de produtos industriais não tratados ou tratados de forma inadequada diretamente no meio ambiente, a contaminação por ingredientes farmacêuticos ativos e de seus metabólitos inclui os princípios ativos descartados pelas residências e sistemas de saúde (FREITAS; RADIS-BAPTISTA, 2021).

Para Freitas e Radis-Baptista (2021), uma das preocupações ambientais e de saúde públicas mais significativas está relacionada a ingredientes farmacêuticos ativos e medicamentos

descartados incorretamente em águas. Outra preocupação está relacionada ao descarte inapropriado de produtos farmacêuticos no meio ambiente com as concentrações adversas dos ingredientes farmacêuticos ativos que não seguem necessariamente uma curva típica de dose-resposta de toxicidade, pela qual suas quantidades cumulativas de contaminante que causam efeitos deletérios nos seres humanos e na vida selvagem.

Notavelmente, este é o caso dos desreguladores endócrinos, produtos químicos que são prejudiciais para a vida selvagem e de seres humanos mesmo em reduzidas dosagens. O processo relacionado à biotransformação dos ingredientes farmacêuticos ativos provoca o aumento da capacidade de perpetuar os efeitos nocivos dessas substâncias bioativas acumuladas no meio ambiente, nos seres humanos e na vida selvagem. Constituindo uma questão crítica que precisa ser avaliada e amplamente discutida por causa de sua inerente relevância local e global. Significativamente, este problema se relaciona com o fato de que a atenção local e global da população geralmente se concentra na poluição ambiental causada por grandes quantidades e volumes de resíduos perigosos de indústrias químicas e de processamento e produtos finais, como plásticos. Em contrapartida, ingredientes farmacêuticos ativos, encontrados em concentração de ng/L, já podem acarretar sérios danos ao ecossistema. Por exemplo, o descarte inapropriado de fluoxetina tem sido relacionado com alterações na fertilidade nos organismos terrestres e aquáticos, podendo elevar as concentrações de estradiol entre fêmeas. Além disso, essas moléculas podem se associar com outras, podendo ampliar a sua toxicidade e oferecendo riscos à manutenção da vida devido à sua persistência no ambiente, caracterizado por uma exposição crônica (BROOKS et al., 2003).

A expansão do sistema de saúde se correlaciona com um aumento concomitante no volume de resíduos farmacêuticos e de ingredientes farmacêuticos ativos devido ao aumento no número de consumidores e pacientes. Além disso, também se observa o aumento do consumo de medicamentos de venda livre, sem a prescrição médica (CARNEIRO, 2022).

A existência de moléculas persistentes e danosas ao meio ambiente não é exclusiva dos medicamentos. Outras substâncias também são fonte de micropoluentes, como cremes e limpadores faciais, bloqueadores solares, repelentes e fragrâncias. Seu descarte inadequado também impacta na contaminação do meio ambiente (FREITAS; RADIS-BAPTISTA, 2021).

Os produtos farmacêuticos são substâncias biologicamente ativas cuja ocorrência em compartimentos ambientais distintos, particularmente sistemas hídricos, e os riscos potenciais para a saúde que representam para os organismos vivos, incluindo humanos, não podem ser subestimados. Normalmente, o tratamento de efluentes em subestações convencionais não é suficientemente eficiente para remover todos os produtos derivados de ingredientes

farmacêuticos ativos físico-quimicamente diversos descartados em águas residuais. A eficiência da remoção farmacêutica e química varia de acordo com as tecnologias de tratamento de esgoto, e essas tecnologias não funcionam bem para remover a totalidade dos produtos químicos bioativos dos efluentes de esgoto (FREITAS; RADIS-BAPTISTA, 2021).

2.1. Contaminação do solo e da água por ingredientes farmacêuticos ativos e produtos farmacêuticos

Os ingredientes farmacêuticos ativos e os produtos que contêm ingredientes farmacêuticos ativos apresentam a capacidade de se infiltrar nos sistemas de água por meio de diversas rotas, por exemplo, excreção humana e animal e descarte através da descarga do banheiro. Como esses ingredientes farmacêuticos ativos e os produtos que contêm ingredientes farmacêuticos ativos não são totalmente eliminados pelo tratamento convencional de esgoto, eles se acumulam no meio ambiente aquático (YANG; KIM; WEON; SEO, 2015).

Estudos relataram a presença de diversos compostos farmacêuticos, incluindo antibióticos, em amostras de água de riachos e poços artesianos que receberam águas residuais municipais e escoamento de áreas agrícolas. Os estudos também apontam que essas águas também são empregadas para o uso na criação de animais (FREITAS; RADIS-BAPTISTA, 2021; LOPER et al, 2007).

A gama de efeitos relatados resultantes da poluição farmacêutica inclui o risco prejudicial para organismos selvagens, o surgimento e disseminação de bactérias resistentes a antimicrobianos, a interferência na reprodução, desenvolvimento e sobrevivência de espécies e o aumento da incidência de câncer em seres humanos. Por exemplo, os ingredientes farmacêuticos ativos e de seus derivados podem atuar como desreguladores endócrinos, mimetizando os hormônios em suas estruturas e atividades e interferindo na fisiologia humana e da biota. Desreguladores endócrinos compreendem estrogênios naturais e sintéticos, alquilfenóis usados em produtos detergentes, bifenol A usado para o revestimento de latas de alimentos e bebidas, ftalatos (agentes plastificantes), pesticidas organoclorados, compostos perfluorados usados como componentes de espumas de combate a incêndio, bifenilos policlorados usados como isolantes em equipamentos elétricos, entre outros (YANG; KIM; WEON; SEO, 2015).

Essas substâncias podem causar efeitos imunológicos, metabólicos, neurológicos e reprodutivos adversos na vida selvagem e nas populações humanas uma vez ingeridas. Esses efeitos adversos variam da feminização de peixes até câncer e obesidade em humanos (YANG; KIM; WEON; SEO, 2015).

Contaminantes de estrogênios esteróides, com descargas estimadas em mais de cem toneladas por ano, são detectados em efluentes de águas residuais e até mesmo em águas subterrâneas e estão envolvidos na interferência da reprodução, desenvolvimento e fisiologia de organismos tão diversos como peixes e plantas. Em humanos, os estrogênios e seus metabólitos, ingeridos através da água potável e alimentos, estão associados a um risco aumentado de certos tipos de câncer, como câncer de mama e distúrbios do sistema reprodutivo (YANG; KIM; WEON; SEO, 2015).

O surgimento de resistência aos antibióticos de microrganismos é outro efeito adverso causado pelos produtos derivados de ingredientes farmacêuticos ativos no meio ambiente. Atualmente, o consumo expressivo de antibióticos em todo o mundo está proporcionalmente associado a milhares de toneladas de antimicrobianos e substâncias relacionadas liberadas no meio ambiente, principalmente em águas residuais, resultando em resistência aos antimicrobianos. O uso em larga escala de antibióticos humanos e veterinários, com conseqüente liberação nas águas residuais municipais e industriais, e a disseminação de esterco animal e lodo de esgoto na terra são os contribuintes para a resistência antimicrobiana devido à poluição farmacêutica. Em águas superficiais, os antibióticos podem persistir por dias a meses no meio ambiente. O surgimento e a disseminação da resistência antimicrobiana no meio ambiente ameaçam globalmente e gravemente a saúde humana e animal e prejudicam a sustentabilidade econômica das nações devido à atual crise dos antibióticos (MONTES-GRAJALES; FENNIX-AGUDELO; MIRANDA, 2017).

2.2. Descarte de medicamentos vencidos, não utilizados ou indesejados

Invariavelmente, os medicamentos adquiridos e mantidos pelos consumidores acumulam-se involuntariamente em suas residências e torna-se inúteis por diversos motivos, como prazo de validade expirado, quantidade excessiva devido a mudanças no tratamento ou regime posológico, prescrição em excesso ou dosagem excessiva, preservação para uso presumível no futuro, vendas provocadas por varejistas de medicamentos de venda livre e sobras do tratamento finalizado (MONTES-GRAJALES; FENNIX-AGUDELO; MIRANDA, 2017).

Na maioria dos lugares do mundo, essas sobras são comumente e inadequadamente descartadas pelos indivíduos no lixo comum e esgoto, como falta de atenção pessoal própria, falta de compreensão, conhecimento e educação, ou mesmo pela ausência de órgãos governamentais e de saúde adequados instruções e regulamentos das autoridades. O controle da descarga de poluentes farmacêuticos nos ambientes, particularmente nos sistemas aquáticos,

requer diferentes estratégias e tecnologias, como, por exemplo, o compromisso dos fabricantes em evitar a emissão de ingredientes farmacêuticos ativos e de produtos derivados de ingredientes farmacêuticos ativos prejudiciais, a aplicação dos princípios da química verde para o processo de produção e remediação, e descarte de medicamentos, a execução de campanhas educacionais, com a disseminação do processo de logística reversa e regulamentação para consumidores e comerciantes (O'FLYNN et al., 2021).

Na tentativa de traçar diretrizes para o descarte adequado de medicamentos que se tornam inúteis, muitos países desenvolvidos já estabeleceram algumas estratégias, programas e regulamentações para minimizar o risco de poluição farmacêutica apresentado aos ambientes, causado pelo descarte impróprio de medicamentos vencidos, não utilizados ou medicamentos indesejados. Apesar da atenção internacional sobre a poluição farmacêutica como uma crescente ameaça ambiental, localmente, a legislação do assunto ainda não foi concluída no Brasil (O'FLYNN et al., 2021).

2.3. Esquemas de coleta e regulamentação sobre descarte de medicamentos em todo o mundo

A Food and Drug Administration (FDA) dos Estados Unidos determina instruções para descartar com segurança medicamentos não utilizados, indesejados ou expirados por meio do programa de devolução ou descarga do vaso sanitário. Como primeira opção, a FDA recomenda que o consumidor encontre locais de devolução e coleta de medicamentos prescritos e/ou sem receita para descarte. Se a opção de devolução não estiver disponível, os clientes podem descartar os medicamentos inúteis pela rede de esgoto, se estiverem na "lista de descarga" da FDA. Apesar de existir a opção de descartar alguns medicamentos diretamente na rede de esgoto, destaca-se a importância de incentivar a procura por postos de coletas (FDA, 2020).

Os programas de recolhimento de medicamentos são estratégias aceitáveis para evitar que os medicamentos acabem no ambiente, mas mesmo na Comunidade Europeia, estes não são uma prática geral consensual. Por exemplo, foi apontado que, apesar de uma diretiva unificada (2004/27/EC) para implementar a coleta apropriada esquemas para resíduos farmacêuticos, faltam diretrizes padronizadas para colocar em prática esquemas de coleta ou programas de devolução (FDA, 2020).

Embora os esquemas empregados para o processo de devolução dos medicamentos contribuam para o engajamento da população em relação ao descarte controlado

de medicamentos e descarte de medicamentos inúteis no banheiro ou descartá-los no lixo pareçam seguros, surgem preocupações sobre o risco à saúde dos efeitos nocivos dos produtos derivados de ingredientes farmacêuticos ativos liberados no meio ambiente (PINTO et al., 2014).

No Brasil, embora os cientistas da saúde estejam cientes da importância das opções de retomada e dos esquemas de coleta, falta endosso e apoio por parte das autoridades públicas e existem alternativas (PINTO et al., 2014).

2.4 A Regulamentação governamental sobre o descarte de drogas no Brasil

No Brasil, as regulamentações específicas sobre gerenciamento de resíduos abrangem, em geral, setores específicos da rede de produção farmacêutica (portarias RDC nº 306/2004 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, ANVISA e nº 358/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA), que se referem ao gerenciamento, tratamento e destinação final dos resíduos produzidos pelos serviços de saúde. As RDCs nº 17/2010 e 222/2018 da ANVISA fornecem diretrizes para boas práticas de fabricação de medicamentos e boas práticas de gestão de resíduos de saúde. É importante observar que essas diretrizes não regulamentam a destinação final de resíduos de medicamentos na forma líquida, mas recomendam o descarte em aterro sanitário adequado após sua conversão em resíduos sólidos farmacêuticos. Apesar disso, essas diretrizes não discriminam todas as classes farmacológicas de medicamentos de uso humano e medicamentos de uso veterinário. Além dessa regulamentação (RDC nº 222/2018), outra resolução (RDC nº 44/2009) trata do descarte de medicamentos em farmácias e drogarias. No entanto, esses regulamentos não se referem ao descarte doméstico de medicamentos vencidos ou não utilizados. Na melhor das hipóteses, isso envolveria uma responsabilidade compartilhada pelo descarte de medicamentos entre os participantes do mercado envolvidos na produção, distribuição, venda e consumo (BRASIL, 2020).

Assim, presume-se a participação compartilhada para a destinação adequada dos resíduos de medicamentos gerados, evitando-se, de forma provisória, a poluição do meio ambiente. Existe uma diretriz brasileira que trata da participação exclusiva dos consumidores no processo de descarte de medicamentos; esta estabelece a regra para a destinação de medicamentos controlados não utilizados (Portaria 6/1999). Nesse caso, as autoridades de saúde locais devem receber e manusear medicamentos controlados, vencidos ou fora de uso, para o descarte adequado (BRASIL, 2020).

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, presente no decreto 10388 de 5 de Junho de 2020 que regulamenta o § 1º do caput do art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de

2010, e institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores apresenta as demandas e responsabilidades devem observar a logística reversa dos produtos manufaturados, exceto medicamentos inúteis. As lacunas e imperfeições observadas nessas diretrizes com relação aos medicamentos vencidos, inúteis e indesejados mostram a necessidade de aprimorar a responsabilidade compartilhada da logística reversa e do descarte adequado de resíduos de produtos inúteis, excluindo os fármacos (BRASIL, 2020).

3. METODOLOGIA

Este trabalho contempla um revisão bibliográfica para análise da literatura recente a respeito da classe de medicamentos do tipo antidepressivos como micropoluentes.

Concentrou-se em analisar o efeito desta classe de medicamentos na flora, na fauna e na saúde do homem, buscando sintetizar tais efeitos e mostrar a amplitude do seu dano. Além disso, foram observadas também estratégias de descontaminação relativas a essa classe de compostos.

Como estratégia de busca empregou-se a plataforma Google Scholar, selecionando referências entre os anos de 2017 até 2022. Para realizar a busca, empregaram-se os termos, em português: “antidepressivos”, “ecotoxicologia”, “bioacumulação”.

Os resumos das publicações foram verificados selecionando o material de análise para a composição na análise dos pontos previamente mencionados. Destaca-se ainda que foram avaliados artigos científicos, teses e dissertações relevantes para a busca em questão.

A Figura 1 mostra um gráfico dos todos os artigos relacionados com a busca proposta por este trabalho.

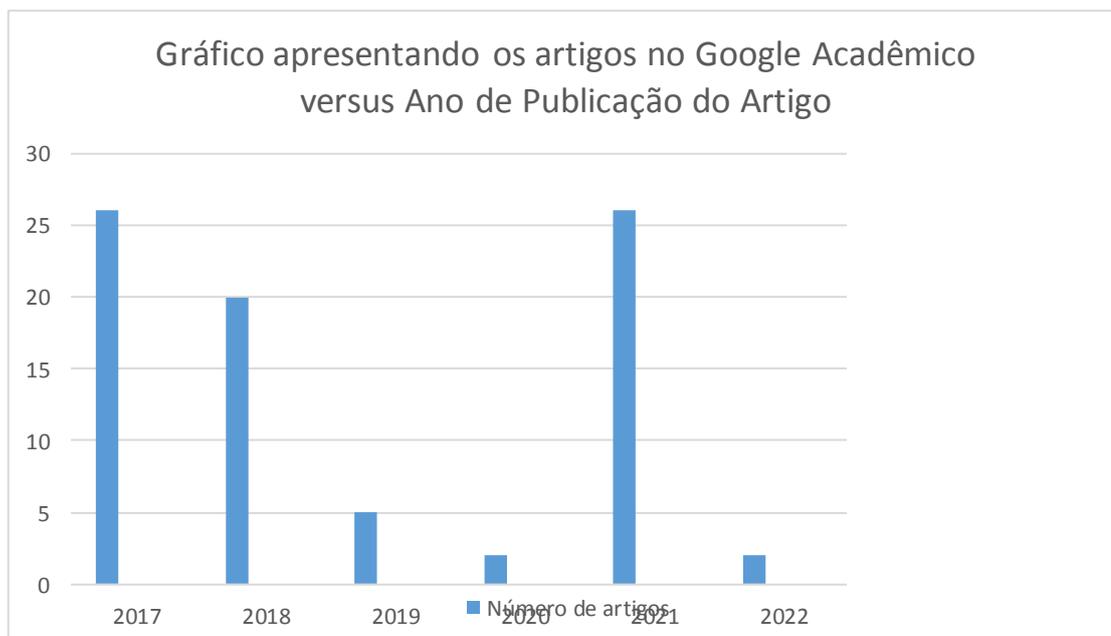


Figura 1. Número de artigos classificados por ano relacionado com a busca na plataforma Google Scholar, empregando os termos, em português: “antidepressivos”, “ecotoxicologia”, “bioacumulação”.

Destaca-se que essa estratégia de busca se limitou a termos no idioma português. Trabalhos futuros, empregando a busca em inglês, ou incluindo outras classes de medicamentos devem ser pensados como possibilidade de trabalho relevante.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção será apresentada um compilado do efeito de medicamentos na fauna, flora e saúde de homem, além de formas de tratamento destes resíduos. Também será feita uma discussão a respeito das tendências observados, bem como a proposição de um projeto educativo.

4.1. Efeito de medicamentos na fauna

A Tabela 1 relaciona artigos que destacaram danos a animais relacionado com o contato com antidepressivos. A tabela destaca o animal do estudo, o título da publicação, o ano, a região em que foi realizada o estudo, bem como o medicamento ou medicamentos analisados.

Tabela 1. Dados de animais afetados por antidepressivos, relacionando a publicação, ano e região do estudo

Animal	Publicação	Ano	Região	Classe de Medicamentos
Moluscos	Estudo ecotoxicológico de contaminantes de preocupação emergente na baía de Santos, SP.	2018	Santos São Paulo, Brasil	Fluoxetina
Moluscos	Avaliação do risco ambiental da fluoxetina em sedimentos marinhos para invertebrados aquáticos	2019	Santos São Paulo, Brasil	Fluoxetina
Peixes	Efeitos comportamentais de concentração ambiental de fluoxetina em zebrafish	2020	Goiás, Brasil	Fluoxetina
Peixes	Sensory-Motor Perturbations in Larval Zebrafish (Danio rerio) Induced by Exposure to Low Levels of Neuroactive Micropollutants during Development	2022	Austrália, Oceania	Antidepressivos Fluoxetina e Venlafaxina
Peixes e Moluscos	Bioacumulação de resíduos farmacêuticos presentes no meio ambiente	2021	Coimbra Portugal	Fluoxetina, sertralina, carbamazepina e paroxetina
Crustáceo	Avaliação da toxicidade do fármaco cloridrato de fluoxetina sobre o organismo daphnia	2018	São Paulo	Fluoxetina

	similis.			
Invertebrados	Validação do risco ambiental da fluoxetina em sedimentos marinhos para invertebrados aquáticos	2019	São Paulo	Fluoxetina
Peixes	Contaminação das algas por resíduos de medicamentos: ênfase ao cloridrato de fluoxetina	2019	São Paulo	Fluoxetina
Peixes	Zebrafish e sua contribuição no meio ambiente	2019	São Paulo	Fluoxetina

4.2. Efeito de medicamentos na flora

A Tabela 2 relaciona artigos que destacaram danos à flora relacionado com o contato com antidepressivos. A tabela destaca o título da publicação, o ano, a região em que foi realizada o estudo, bem como o medicamento ou medicamentos analisados.

Tabela 2. Dados de algas afetadas por antidepressivos, relacionando a publicação, ano e região do estudo

Flora	Artigo	Ano	Região	Classe de Medicamentos
Alga	Tratamento de Águas Residuais - Remoção de Fármacos em Águas Residuais com Microalgas	2021	Coimbra, Portugal	Fluoxetina
Algas	Ecotoxicological effects of the antidepressant fluoxetine and its removal by the typical freshwater microalgae <i>Chlorella pyrenoidosa</i>	2022	China	Fluoxetina
Alga diatomácia	Fluoxetina prende crescimento do modelo Diatom <i>Phaeodactylum tricornutum</i> aumentando o estresse oxidativo e alterando o metabolismo energético e lipídico	2019	Coimbra, Portugal	Fluoxetina
Algas	Concentrações mais altas do antidepressivo fluoxetina podem afetar as algas diatomáceas marinhas da	2021	Coimbra	Fluoxetina

	espécie <i>Phaeodactylum</i> <i>tricornutum</i> interrompendo o seu crescimento.			
--	---	--	--	--

4.3. Efeito de medicamentos na saúde humana

A Tabela 3 relaciona artigos que destacaram danos à saúde humana com o contato com antidepressivos. A tabela destaca o título da publicação, o ano, a região em que foi realizada o estudo, bem como o medicamento ou medicamentos analisados.

Tabela 3. Dados da saúde humana afetadas por antidepressivos como micropoluentes, relacionando a publicação, ano e região do estudo.

Artigo	Ano	Região	Classe de Medicamentos	Dano Observado
Fármacos no ambiente implicações	2021	Coimbra Portugal	Antidepressivos	Hipersensibilidade aos fármacos.
Fármacos no ambiente o envolvimento ambiental dos indivíduos influência as suas percepções conhecimentos e comportamentais	2021	Coimbra Portugal	Antidepressivos	Hipersensibilidade aos fármacos, intoxicação aos fármacos.
Resíduos farmacêuticos no meio ambiente	2021	Coimbra Portugal	Antidepressivos	Hipersensibilidade aos fármacos, intoxicação aos fármacos,
Contaminação do meio ambiente com medicamentos consequências ambiente e na terapêutica	2019	Coimbra Portugal	Antidepressivos	Hipersensibilidade aos fármacos, intoxicação aos fármacos, aumento da pressão arterial,

4.4. Forma de tratamento de micropoluentes da classe de antidepressivos

A Tabela 4 relaciona os artigos que destacaram formas de tratamento de micropoluentes da classe de medicamentos antidepressivos, o ano de publicação e os medicamentos presentes no artigo referente a Metodologia apresentada para o tratamento de antidepressivos persistentes nas águas empregadas para o tratamento nas Estações de Tratamento de Esgoto.

Tabela 4. Metodologia de tratamento de antidepressivos persistentes na água

Tratamento	Artigo	Ano	Classe de Medicamentos
Carvão ativado de estróbilo masculino de Araucária Angustifolia	Utilização de carvão ativado de estróbilo masculino de Araucária Angustifolia para o tratamento de efluentes contaminados com antidepressivos	2019	Fluoxetina e Citalopram
Emprego de membranas para a separação dos contaminantes efluentes e micro poluentes: efeitos	Contaminação ambiental por efluentes e micro poluentes: efeitos toxicológicos sobre peixes da espécie <i>Cyprinus carpio</i>	2021	Antidepressivos
Emprego da degradação fotoquímica direta e indireta do citalopram (CIT), um inibidor seletivo da recaptção da serotonina (ISRS), sob radiação solar natural e artificial.	Investigation of the Aquatic Photolytic and Photocatalytic Degradation of Citalopram	2021	Antidepressivos

Irradiação com feixe de elétrons O emprego do tratamento oxidativo avançado	Irradiação com feixe de elétrons proposta como tratamento oxidativo avançado para a degradação e redução de toxicidade para misturas de medicamentos	2022	Antidepressivos
Emprego de processos de filtração, ozonização, adsorção em carvão ativado, ou ainda processos de oxidação eletroquímica.	Fármacos em Águas Residuais: Análise, Remoção e Biorecuperação	2021	Antidepressivos
Biocarvão de bagaço de laranja	Produção e caracterização de biocarvão de bagaço de laranja para utilização no pós-tratamento de água residuária	2018	Antidepressivos
Estudo sobre o Emprego de processos de filtração, ozonização, adsorção em carvão ativado, ou ainda processos de oxidação eletroquímica.	Fármacos em Águas Residuais: Análise, Remoção e Biorrecuperação	2021	Antidepressivos

4.5. Análise do efeito dos antidepressivos no ecossistema e seu tratamento

Atualmente fármacos ativos ou com baixa atividade farmacológica estão cada vez mais sendo identificados nos ecossistemas, oriundos de vários processos de biotransformação e metabolização presentes nos efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e águas naturais, podendo ser identificados e caracterizados como micropoluentes.

O descarte inadequado de medicamentos provoca efeitos deletérios, adversos e as reações prejudiciais decorrentes dos produtos farmacêuticos nos ecossistemas variam desde a disseminação da resistência antimicrobiana e sobrevivência das espécies até a interferência com reprodução nos seres humanos. Além disso, dependendo da farmacodinâmica e farmacocinética, é possível que os fármacos estejam diretamente relacionados com patologias como câncer de mama, desenvolvimento de ovários policísticos em pacientes femininas e de testículos e de próstata nos pacientes masculinos, provocando também a diminuição da fertilidade masculina (O'FLYNN et al., 2021).

Algumas evidências mostram que os sistemas reprodutivos de certos organismos terrestres e aquáticos são afetados diretamente pela ação dos hormônios estrogênicos, provocando como

resultado no desenvolvimento de anormalidades e deterioração reprodutiva nos organismos expostos a estes ingredientes farmacêuticos ativos e de produtos derivados de ingredientes farmacêuticos ativos (O'FLYNN et al., 2021).

Os estudos tem apresentado os efeitos deletérios mais importantes dos ISRS's e outros produtos farmacêuticos em organismos não-alvo presentes caracterizam-se principalmente por alterações e distúrbios locomotores, desregulação endócrina observadas nos indivíduos humanos, alterações dos genomas principalmente em microrganismos como bactérias, fungos e vírus, alterações reprodutivas como infertilidade, estresse oxidativo presente principalmente em algas, deformações, efeitos carcinogênicos e teratogênicos e alterações biológicas provocando como exemplo reduções na condição geral de sobrevivência dos organismos (O'FLYNN et al., 2021).

Sistematicamente foram detectados vários fármacos residuais presentes depois dos processos de tratamentos convencionais de água nas (ETE's). Estes resíduos de fármacos ativos ou com baixa atividade chegando aos ecossistemas provoca alterações nos organismos vivos devido a processos de bioacumulação (O'FLYNN et al., 2021).

Assim, faz-se necessário investigar metodologias para reduzir a concentração dessas substâncias na água. Entre elas, destaca-se o biocarvão pode ser empregado como processo viável no tratamento da água nas ETE's. Esse material pode adsorver substâncias tóxicas, e sua eficácia pode ser monitorada por um método espectrofotométrico, Estudos demonstram que seu uso se apresentou como seguro, econômico e viável (CARVALHO et al. 2021).

Além disso, a remoção de poluentes por adsorção tem sido, muitas vezes, considerada superior às demais técnicas, inclusive por poder operar com baixo custo e poder ser integrado com outros sistemas (CARVALHO et al., 2021). Assim, os processos baseados em adsorção proporcionam uma proposta extremamente promissora, eficiente, economicamente viável, ecologicamente sustentável, e vêm despertando interesses em relação à pesquisa de novos materiais que possam ser utilizados como adsorventes, principalmente em relação ao aspecto relacionado a bioadsorção. Outra possibilidade é o uso da irradiação da água para o tratamento, que constitui um Processo Avançado de Oxidação (PAO) eficaz na produção de radicais que mineralizam os compostos decorrentes do processo de tratamento dos resíduos nas ETE's, resultando na dissociação e degradação em compostos orgânicos (RELA et al., 2018).

Porém, os Processo Avançado de Oxidação (PAOs) têm como desvantagem a limitação econômica que está relacionada ao alto custo do emprego da fonte de radiação ultravioleta, quando comparado, por exemplo, com o custo de implementação do sistema eletroquímico.

Esses processos apresentam elevado consumo de energia elétrica e custo de implementação e manutenção. Tal inconveniente pode ser solucionado mediante o uso de energia solar, catalisadores de baixo custo e combinação com outros processos de tratamento (DEZOTTI, 2008).

4.6. Proposta educativa

Observando a gravidade do problema e percebendo que a informação é pouco disseminada, durante a realização deste trabalho foi desenvolvido um projeto de extensão.

Neste projeto, criou-se um perfil no Instagram, @medicamento.eagora, para a divulgação de postagens simples, ilustradas e embasadas na literatura científica relacionada ao tema “Uso racional de medicamentos”.

A página do Instagram conta com mais de cinquenta pessoas inscritas e participando ativamente das postagens do Instagram.

Alguns exemplos do material produzido podem ser vistos na Figura 2:

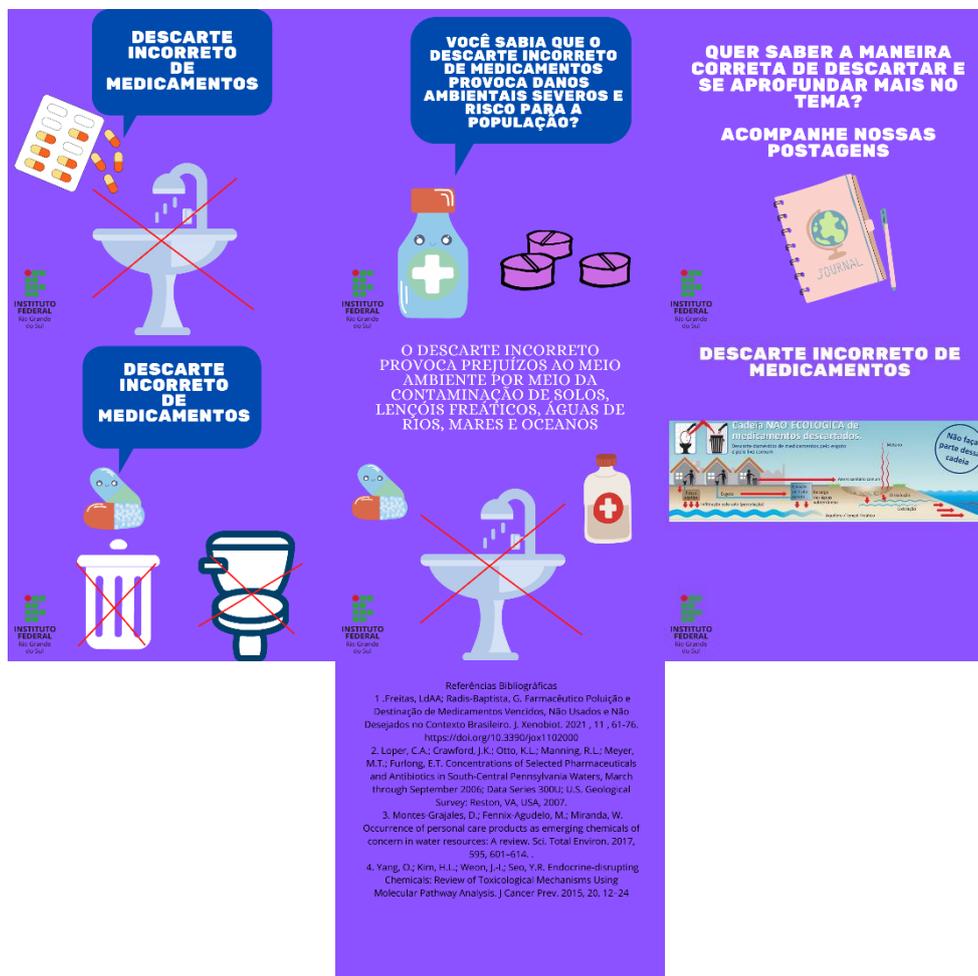


Figura 2. Postagem Instagram @medicamento.eagora conscientizando sobre o descarte responsável de medicamentos.

Fonte: Autores do trabalho (2021)

A página do Instagram também aborda questões relacionadas a automedicação, consumo responsável e orientações gerais. A escolha de tais temas decorreu da análise de uma pesquisa realizada pelo Conselho Federal de Farmácia (CFF), empregando o Instituto Datafolha de Pesquisas, realizada com a população brasileira com idade a partir de 16 anos (amostragem de 2074 pessoas) que utilizou medicamentos nos últimos seis meses, no ano de 2019. Em relação ao descarte de medicamentos a pesquisa realizada apurou qual é a forma mais usual de descarte dos medicamentos que sobram ou vencem, e 76% dos entrevistados indicaram maneiras incorretas para a destinação final dos resíduos resultantes do descarte de medicamentos. Pelos resultados da pesquisa, a maioria da população descarta sobras de medicamentos ou medicamentos vencidos no lixo comum (COLLUCI, 2019).

Segundo relatórios apresentados pela Anvisa (Agência Nacional de Vigilância Sanitária), são jogados no lixo entre 10 mil e 28 mil toneladas de medicamentos por ano pelos consumidores (CARNEIRO, 2011).

Assim destaca-se a necessidade de conduzir a discussão a respeito de medicamentos como micropoluentes levando à população os efeitos e seu papel diante do problema e parte da solução do problema.

O processo de tratamento de resíduos representa um desafio único quando se considera os fármacos relacionados a classe dos antidepressivos, uma vez que os custos de tratamento mais elevados normalmente acompanham processos de tratamento direcionados a necessidade da utilização de maior eficiência e eficácia nos processos de gerenciamento e tratamento de resíduos nos ecossistemas.

Desta forma, a falta do desenvolvimento de programas de investimento e de educação sobre o assunto relacionado ao descarte de resíduos medicamentos acarreta no aumento dessas substâncias em águas residuais. É importante considerar estratégias para reduzir a contaminação por ingredientes farmacêuticos ativos e seu metabólitos no meio ambiente. descartados pelas residências e sistemas de saúde. Além disso, deve-se exigir monitoramento de tais substâncias.

Conhecimento é fundamental para o desenvolvimento de uma estratégia de monitoramento, onde as recomendações especiais incluem a necessidade de uma implantação mais substancial de esquemas de desativação de medicamentos, aumento do engajamento público e melhoria da legislação. Transformar as informações em materiais mais simples que

alcancem a população em geral é essencial para que o descarte de resíduos de medicamentos ocorra de modo consciente e racional.

5. CONCLUSÃO

O descarte inadequado de medicamentos ocasiona inúmeros efeitos deletérios e reações prejudiciais decorrentes dos produtos farmacêuticos nos ecossistemas variam desde a disseminação da resistência antimicrobiana e sobrevivência das espécies até a interferência com reprodução dos seres vivos. São importantes para a sociedade as ações estratégicas com a aplicação de tecnologias voltadas ao tratamento de tais resíduos orgânicos. Além disso, é necessário facilitar a busca por pontos adequados de descarte e programas de gerenciamento que visem à conscientização da população para a coleta seletiva. Também é importante conscientizar acerca do uso racional de medicamentos, a fim de minimizar a geração desses resíduos. Assim, espera-se a redução de impactos ambientais relacionados ao descarte inadequado, contribuindo assim para preservação de todo o ecossistema, melhora na qualidade de vida da população e gerações futuras.

As recomendações também incluem aumentar o investimento em pesquisa para melhorar as tecnologias de identificação, remediação e remoção de compostos orgânicos. Além de disseminar as informações para a sociedade como um todo a fim de tornar mais efetivo o descarte e diminuir a contaminação do ecossistema.

REFERÊNCIAS

ANTONOPOULOU M, DORMOUSOGLOU M, SPYROU A, DIMITROULIA AA, VLASTOS D. AN overall assessment of the effects of antidepressant paroxetine on aquatic organisms and human cells. *The Science of the Total Environment*. 2022. Aug; 852:158393. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.158393. PMID: 36044951.

BEAUSSE, J. Pharmaceuticals - horizontal – 26 July 2004.

BILA, D.M. e DEZOTTI, M. (2003) Fármacos no meio ambiente. *Química Nova*, 26, 523-530. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000400015>

BRASIL. (2004). MINISTÉRIO DA SAÚDE. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC n° 306, de 7 de dezembro de 2004.

BRASIL. (2005). Resolução CONAMA n° 358 de 29 de abril de 2005. Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.

Publicação DOU, n. 084, de 04 de maio de 2005, p. 63-65. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>>. Acesso em: 1 jul. 2022.

BRASIL. (2010). Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010, institui a Política nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 1 jul. 2022.

BRASIL. (2020). Lei nº10388, de 5 de junho de 2020 Regulamenta o § 1º do caput do art. 33 da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, e institui o sistema de logística reversa de medicamentos domiciliares vencidos ou em desuso, de uso humano, industrializados e manipulados, e de suas embalagens após o descarte pelos consumidores<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10388.htm>.

BROOKS B.W, TURNER P.K, STANLEY J.K, WESTON J.J, GLIDEWELL E.A, FORAN C.M, SLATTERY M, LA POINT T.W, HUGGETT D.B. Waterborne and sediment toxicity of fluoxetine to select organisms. *Chemosphere*. 2003 Jul;52(1):135-42. doi: 10.1016/S0045-6535(03)00103-6. PMID: 12729696.

CARNEIRO, F. Descartar medicamentos vencidos ainda é problema. São Paulo: Universidade Metodista de São Paulo. Disponível em: <<http://www.metodista.br/rroonline/rrojornal/2011/ed.970/descartar-medicamentos-vencidos-ainda-e-problema>>. Acesso em: 1 jul. 2022.

CARVALHO, ROSEANNE SANTOS DE ET AL. Utilização do biocarvão de bagaço de laranja na remoção de tetraciclina em água residuária. *Matéria (Rio de Janeiro)* [online]. 2021, v. 26, n. 02 [Acessado 5 Novembro 2022], e12980. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1517-707620210002.1280>>. Epub 24 Maio 2021. ISSN 1517-7076.

CALZA, P., JIMÉNEZ-HOLGADO, C., COHA, M., CHRIMATOPOULOS, C., BELLO, F.D., MEDANA, C., SAKKAS, V., 2021. Study of the photoinduced transformations of sertraline in aqueous media. *Sci. Total Environ.* 756, 143805. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143805>

CAUMO, K., DUARTE, M., CARGNIN, S. T., RIBEIRO, V. B., TASCA, T. E MACEDO, A. J. (2010). Resistência Bacteriana no Meio Ambiente. *Revista Liberato*, 11(16), pp. 89-188.

COLLUCI, CLAUDIA. Maioria do País se medica até mesmo quando tem receita médica, Folha de São Paulo. São Paulo. 27.abr.2019 às 2h00.

CORTEZ, FRANCISCO SANZI. Estudo ecotoxicológico de contaminantes de preocupação emergente na baía de Santos, SP.São Paulo.2021.

DEZOTTI, M. (Coord.). Processos e técnicas para o controle ambiental de efluentes líquidos. Rio de Janeiro: E-papers, 2008.

FEIJÃO, E., GAMEIRO, C., FRANZITTA, M., DUARTE, B., CAÇADOR, I., CABRITA, M. T., ET AL. (2018). Heat wave impacts on the model diatom *Phaeodactylum*

tricornutum: searching for photochemical and fatty acid biomarkers of thermal stress. *Ecol. Indic.* 95, 1026–1037. doi: 10.1016/j.ecolind.2017.07.058

FREITAS, MICHELE DAROS. "Análise de contaminantes emergentes no município de Criciúma, SC." (2018). 96 p.: il. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma, 2018.

HEJNA M, KAPUŚCIŃSKA D, AKSMANN A. Pharmaceuticals in the Aquatic Environment: A Review on Eco-Toxicology and the Remediation Potential of Algae. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* 2022; 19(13):7717. <https://doi.org/10.3390/ijerph19137717>

HENRY, J.; BAI, Y.; KREUDER, F.; SAARISTO, M.; KASLIN, J.; WLODKOWIC, D. Sensory-Motor Perturbations in Larval Zebrafish (*Danio rerio*) Induced by Exposure to Low Levels of Neuroactive Micropollutants during Development. *Int. J. Mol. Sci.* 2022, 23, 8990. <https://doi.org/10.3390/ijms231689>.

FREITAS, LdAA; RADIS-BAPTISTA, G. Farmacêutico Poluição e Destinação de Medicamentos Vencidos, Não Usados e Não Desejados no Contexto Brasileiro. *J. Xenobiot.* 2021, 11, 61-76.

JIMÉNEZ-HOLGADO C, CALZA P, FABBRI D, DAL BELLO F, MEDANA C, SAKKAS V. Investigation of the Aquatic Photolytic and Photocatalytic Degradation of Citalopram. *Molecules.* 2021 Sep 2; 26(17):5331. doi: 10.3390/molecules26175331. PMID: 34500774; PMCID: PMC8434266.

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION (FDA) 2022. <http://fda.gov/drugs/disposal-unused-medicines-what-you-should-know/drug-disposal-fdas-flush-list-certain-medicines.2020>.

LOPER, C.A.; CRAWFORD, J.K.; OTTO, K.L.; MANNING, R.L.; MEYER, M.T.; FURLONG, E.T. *Concentrations of Selected Pharmaceuticals and Antibiotics in South-Central Pennsylvania Waters, March through September 2006*; Data Series 300U; U.S. Geological Survey: Reston, VA, USA, 2007.

MCENIFF, GILLIAN, WIEBKE SCHMIDT AND BRIAN QUINN. "Pharmaceuticals in the Aquatic Environment: a Short Summary of Current Knowledge and the Potential Impacts on Aquatic Biota and Humans." (2015).

MONTES-GRAJALES, D.; FENNIX-AGUDELO, M.; MIRANDA, W. Occurrence of personal care products as emerging chemicals of concern in water resources: A review. *Sci. Total Environ.* 2017, 595, 601–614. .

O'FLYNN D, LAWLER J, YUSUF A, PARLE-MCDERMOTT A, HAROLD D, MC CLOUGHLIN T, HOLLAND L, REGAN F, White B. Uma revisão da ocorrência farmacêutica e caminhos no ambiente aquático no contexto de uma mudança climática e da pandemia COVID-

19. Métodos Anais. 2021 Fev 7;13(5):575-594. doi: 10.1039/d0ay02098b. Epub 2021 Jan 28. 33507166.

PINTO, GLÁUCIA MARIA FERREIRA ET AL. Estudo do descarte residencial de medicamentos vencidos na região de Paulínia (SP), Brasil. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2014, v. 19, n. 3 [Acessado 5 Novembro 2022], pp. 219-224. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000000472>>. ISSN 1809-4457. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000000472>.

RELA, C S.; SAMPA, M. HO. PONTUSCHKA, W.M.; NAPOLITANO, CM.; Utilizagao do Dosimetro ALANPOL® Composto por Alanina e Polietileno para Determinação de Doses em Efluentes Industrias MEETING ON NUCLEAR APPLICATIONS, 12th , ENAN, 2005 Santos, SP, Brasil, Proceedings... Santos: ENAN, 2005. 1 CD-ROM.

RICHARDSON, M. L.; BOWRON, J. M.; J. Pharm. Pharmacol. 1985, 37, 1.

WESTPHALEN, ANA PAULA CAMPOS, CORÇÃO, GERTRUDES E BENETTI, ANTÔNIO DOMINGUES. Utilização de carvão ativado biológico para o tratamento de água para consumo humano. Engenharia Sanitaria e Ambiental [online]. 2016, v. 21, n. 03 [Acessado 5 Novembro 2022], pp. 425-436.

YANG, O.; KIM, H.L.; WEON, J.-I.; SEO, Y.R. Endocrine-disrupting Chemicals: Review of Toxicological Mechanisms Using Molecular Pathway Analysis. J Cancer Prev. 2015, 20, 12–24.