

Gestão de resíduos farmacêuticos, descarte inadequado e suas consequências nas matrizes aquáticas

José Adson Andrade de Carvalho Filho^{1*}, Tatiane Barboza Veras de Albuquerque², Natália Batista do Nascimento Silva³, Jonathas Barbosa de Araújo Freitas⁴, Anderson Luiz Ribeiro de Paiva⁵.

¹Mestrando no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil (adson.carvalhojr@gmail.com)

²Pós-Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

³Graduanda em Engenharia Civil no Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

⁴Doutorando no Programa de Pós-graduação de Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Brasil

⁵Professor Associado do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental

Histórico do Artigo: Submetido no VI Encontro de Desenvolvimento e Meio Ambiente, sendo aceito e indicado para publicação

RESUMO

A indústria farmacêutica foi uma das que mais cresceu com a evolução dos processos industriais. Dentre as cadeias de consumo, as dos fármacos são umas das que mais vêm comprometendo os mananciais com uma crescente geração de resíduos e descartes indevidos. A presente pesquisa tem como objetivo principal apresentar o descarte inadequado de fármacos, suas consequências nas matrizes aquáticas e técnicas de tratamento dos contaminantes nos recursos hídricos. A grande preocupação em relação à sua presença, na água, são os potenciais efeitos adversos para a saúde humana, animal e de organismos aquáticos. Estudos demonstram que vários fármacos são persistentes no meio ambiente e não são completamente removidas nas estações de tratamentos de águas residuais, resistindo aos diversos processos de tratamento convencional de água. Os antibióticos e os estrogênios são grupos de fármacos que merecem uma atenção especial. Os antibióticos, devido ao desenvolvimento de bactérias resistentes, e os estrogênios, por afetar adversamente o sistema reprodutivo de organismos aquáticos. É de suma importância uma orientação, através de medidas socioeducativa ambientais, a população sobre as consequências do descarte indevido de medicamentos. Além de uma criação de gerenciamento mais eficaz de resíduos de fármacos, contribuindo para uma atenuação dessa problemática.

Palavras-Chaves: Contaminantes emergentes, Qualidade de água, Recursos hídricos.

Management of pharmaceutical waste, improper disposal and its causes in aquatic matrices

ABSTRACT

The pharmaceutical industry was one of the fastest growing with industrial evolution. Among the chains of consumption, drugs are among the ones that have been implicating the springs with an increasing generation of waste and undue discards. The present research has as main objective to present the inappropriate disposal of pharmacists, their consequences in the aquatic matrices and techniques of treatment of the contaminants in the water resources. The major concern with regard to their presence in water are the potential adverse effects on human, animal and aquatic organisms. Studies have shown that various drugs are persistent in the environment and are not completely removed at wastewater treatment plants, resisting the various processes of conventional water treatment. Antibiotics and estrogens are drug groups that deserve special attention. Antibiotics, due to the development of resistant bacteria, and estrogens, by adversely affecting the reproductive system of aquatic organisms. It is extremely important to provide guidance, through environmental socio-educational measures, to the population on the consequences of improper disposal of medicines. In addition to creating a more effective management of drug residues, contributing to a mitigation of this problem.

Keywords: Emerging pollutants, Water quality, Water resources.

1. Introdução

O modelo de desenvolvimento da sociedade atual ao longo de sua história, especialmente a partir da expansão industrial, tem sido impactante ao meio ambiente e vem provocando sérios danos, dentre eles, a contaminação atmosférica, do solo e dos recursos hídricos. A ocupação urbana, sobretudo no Brasil, ocorreu de forma totalmente desorganizada e sem um planejamento adequado, provocando um grande déficit no uso e ocupação do solo.

A questão do uso e ocupação do solo é um problema que pode estar relacionado não só com a quantidade, mas também com a qualidade de água, pois a falta de planejamento pode gerar alguns aspectos negativos na gestão dos recursos hídricos locais. A qualidade dos corpos d'água depende intensamente do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica (VON SPERLING, 2005).

Atividades humanas e industriais são as principais responsáveis pela contaminação dos recursos hídricos, pois grande parte do que é consumido tem como destino final as matrizes aquáticas, sejam elas superficiais ou subterrâneas. Uma das preocupações mais recentes da sociedade moderna tem sido a contaminação dos mananciais por medicamentos. Estes compostos farmacêuticos incluem antipiréticos, analgésicos, reguladores lipídicos, antibióticos, antidepressivos, agentes quimioterápicos, drogas contraceptivas e outros mais (MELO et al., 2009; GEBHARDT; SCHRODER, 2017; TERNES, 1998).

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a definição de medicamento é “produto farmacêutico, tecnicamente obtido ou elaborado, com finalidade profilática, curativa, paliativa ou para fins de diagnóstico”, portanto, trata-se de um produto sólido ou líquido composto por um princípio ativo, passível de descarte, tornando-se, assim, um resíduo (BALBINO; BALBINO, 2017).

A sociedade moderna vem se destacando pelo grande consumo de medicamentos, onde esse elevado consumismo tem refletido na ascensão do desperdício. O desperdício de medicamentos tem várias causas, dentre as quais se destacam: a dispensação de medicamentos além da quantidade exata para o tratamento do paciente, a interrupção ou mudança de tratamento, a distribuição aleatória de amostras grátis; e o gerenciamento inadequado de estoques de medicamentos por parte das empresas e dos estabelecimentos de saúde (ANVISA, 2012).

Nesse contexto, discussões, pesquisas e convenções têm sido realizadas a nível nacional e internacional sobre a presença inadequada de fármacos nas águas. Essa contaminação resulta do descarte indevido, da excreção de metabólitos, que não são eliminados no processo de tratamento de esgotos, e também do uso veterinário (ZUCCATO et al., 2005; ZUCCATO et al., 2006). E assim, estes compostos são excretados ou apenas ligeiramente transformados, sendo descarregados quase que inalterados pelas estações de tratamento de esgotos urbanos nas águas receptoras onde também não são biodegradados no ambiente (HEBERER, 2002).

A contaminação dos mananciais por fármacos tem ocorrido em muitos mananciais tornando-se um grande desafio para os sistemas produtores e distribuidores de água, assim como para a saúde pública. A partir disso, uma grande preocupação em relação ao descarte inadequado, as consequências e aos tratamentos adequados de resíduos de fármacos nos recursos hídricos tem despertado grande interesse da comunidade científica e da sociedade como um todo. Uma vez que vários desses compostos, além de serem persistentes no meio ambiente, não são completamente removidos nas estações de tratamentos de águas residuais apresentando certa resistência a remoção através de tratamentos convencionais. E sua presença na água pode vir acarretar impactos negativos tanto para saúde humana quanto para organismos aquáticos. A presente pesquisa tem como objetivo demonstrar os descartes inadequados dos fármacos bem como as suas consequências nas matrizes aquáticas, além de apresentar técnicas de tratamento desse contaminante nos recursos hídricos.

2. Desenvolvimento

2.1 Gestão de resíduos farmacêuticos (*descarte, responsabilidade, leis*)

Desde 2004 o Brasil dispõe de Resoluções que regulamentam o destino dos resíduos sólidos, como a RDC 306/2004 e a 358/2005, respectivamente, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA e Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, que classificam os resíduos de serviços da saúde por grupos. Salienta-se que os medicamentos são classificados como resíduos do grupo B, englobando as substâncias químicas que poderão apresentar risco à saúde pública ou ao meio ambiente, dependendo de suas características (inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade) conforme a NBR 10.004 (ALVARENGA; NICOLETTI, 2010). O objetivo dessa classificação é gerenciar os Resíduos Sólidos de Serviços de Saúde dentro e fora das unidades geradoras, por ocasião do descarte e quando devem ser tratados e/ou destinados a aterros licenciados. Todavia, os processos de tratamento e de disposição final dos resíduos não são claramente definidos e verifica-se ainda uma ausência de orientação técnico-científica consolidada na legislação brasileira (FALQUETO; KLIGERMAN; ASSUMPCÃO, 2006).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente, através da Resolução CONAMA n.º 358, de 29 de abril de 2005 – que dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde – em atendimento aos princípios da prevenção, da precaução, do poluidor pagador, da correção na fonte e de integração entre os vários órgãos envolvidos para fins do licenciamento e da fiscalização, impôs aos geradores de resíduos sólidos de saúde a responsabilidade pela segregação, acondicionamento, transporte, tratamento e disposição final, ou seja, o gerenciamento desses resíduos.

Em dois de agosto de 2010, o Congresso Nacional promulgou a Lei n.º 12.305, instituindo, assim, a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Nela, foram estabelecidas as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado desses resíduos (BALBINO; BALBINO, 2017).

Para o estabelecimento desse gerenciamento de resíduos de saúde, fez-se necessária a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS) que, conforme determina o inciso XI do artigo 2.º da Resolução CONAMA n.º 358, de 29 de abril de 2005, trata-se de um documento que descreve as ações a serem elaboradas no manejo.

Embora farmácias e distribuidores de medicamentos sejam obrigados a elaborar o PGRSS em seus estabelecimentos, estes não possuem obrigação legal de recolher os fármacos que sobram dos produtos que vendem, nascendo, portanto, um grande problema, o descarte incorreto de medicamentos pela população.

Em relação ao gerenciamento dos resíduos, três princípios devem ser considerados: reduzir, segregar e reciclar. A primeira providência para um melhor gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde é a redução no momento da geração. Evitar o desperdício é uma medida que tem um benefício duplo: economia de recursos não somente em relação ao uso de materiais, mas também em seu tratamento diferenciado. A segregação correta dos resíduos garante o encaminhamento para coleta, tratamento e disposição final especial dos resíduos que realmente necessitam desses procedimentos, reduzindo as despesas com o tratamento ao mínimo necessário (GARCIA; ZANETTI-RAMOS, 2009). De acordo com o artigo 21 da resolução CONAMA n.º 358/05 os fármacos quando não tratados, devem ter sua disposição final realizada em aterros de resíduos perigosos – Classe 1.

Embora a incineração e os demais processos de destruição térmica não sejam considerados ideais, eles constituem hoje um conjunto de processos que têm importância relevante em decorrência de suas características de redução de peso, volume e da periculosidade dos resíduos, e conseqüentemente a agressão ao meio ambiente, prevalecendo em diversos países por ser considerado um método viável em termos técnicos e econômicos para o tratamento de resíduos sólidos – inclusive os farmacêuticos e hospitalares. Esta importância tende a crescer no Brasil, como vem ocorrendo nos países desenvolvidos, devido às dificuldades de construção de novos aterros e necessidade de monitoramento ambiental do local do aterro por longos

períodos, inclusive após a desativação. É fundamental, entretanto, que a incineração esteja interconectada a um sistema avançado de depuração de gases e tratamento/recirculação de líquidos de processo, considerando que os gases efluentes de um incinerador carregam grandes quantidades de substâncias em concentrações muito acima dos limites das emissões legalmente permitidas e necessitam de tratamento físico-químico para a remoção e neutralização de poluentes decorrentes do processo térmico empregado (ALVARENGA; NICOLLETTI, 2011).

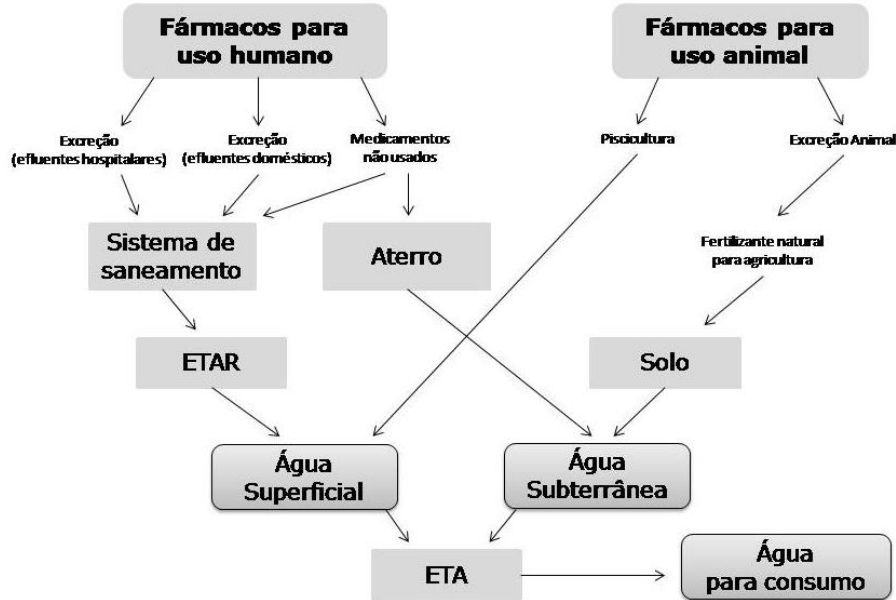
Desta forma, enquanto não for possível a criação de um gerenciamento eficaz de descarte de resíduos medicamentosos gerados, faz-se necessário orientar a população sobre as consequências do descarte indevido de medicamentos, através de programas socioeducativos ou campanhas de arrecadação de medicamentos em desuso, que poderiam ser reaproveitados dependendo das suas condições de apresentação ou encaminhados aos órgãos de saúde competentes (postos de saúde, hospitais, drogarias) para descarte adequado. E assim, contribuir para diminuição dos problemas socioambientais relacionados ao descarte inadequado de medicamentos (CHAVES, 2014).

2.2 Descarte inadequado dos resíduos farmacêuticos e suas consequências nas Matrizes Aquáticas

Para que os medicamentos tenham sua plena ação, devem estar em condições adequadas de uso e dentro do prazo de validade. Estes aspectos são importantes para a eficácia do tratamento e segurança do usuário. Depois de ingerido, esses compostos são parcialmente metabolizados e excretados na urina e fezes, e subsequentemente entram nas estações de tratamento de esgoto (ETEs), onde são tratados, juntamente com outros constituintes orgânicos e inorgânicos do efluente (GEBHARDT; SCHRÖDER, 2007; TERNES, 1998). Caso haja expiração do prazo de validade, os fármacos vencidos devem ser inutilizados e descartados para evitar problemas relacionados com medicamentos, como intoxicações, uso sem necessidade ou sem indicação, falta de efetividade, reações adversas, poluição do meio ambiente, entre outros (RODRIGUES, 2009).

De acordo com Kummerer et al. (2010), as principais vias de exposição ao ambiente para os diferentes tipos de fármacos podem ser mostradas na Figura 1.

Figura 1 - Rotas de contaminação e exposição humana aos fármacos e desreguladores endócrinos.



Fonte: Modificado de Kummerer et al. (2010).

É preciso ressaltar que, no Brasil, o descarte de medicamentos em desuso, vencidos ou sobras, é feito por grande parte da população em lixo comum ou em rede pública de esgoto. Atitudes essas que geram agressão ao meio ambiente, além do risco à saúde de pessoas que possam reutilizá-los por acidente ou mesmo, intencionalmente, devido a fatores sociais ou circunstanciais diversos (ANVISA, 2012).

A grande preocupação em relação à sua presença na água são os potenciais efeitos adversos para a saúde humana, animal e de organismos aquáticos. Alguns grupos de fármacos merecem uma atenção especial, entre eles, estão os antibióticos e os estrogênios.

Os antibióticos, pelo fato dos mesmos serem responsáveis pelo desenvolvimento de bactérias resistentes, e os estrogênios, pela sua potencialidade em afetar adversamente o sistema reprodutivo de organismos aquáticos, como por exemplo, a feminização de peixes machos presentes em rios contaminados com descarte de efluentes de estações de tratamento de esgoto, como é o caso do estudo feito por Rodgrer-Gray et al. (2001), que estudou peixes jovens da espécie *Rutilus rutilus* onde foram expostos a concentrações gradativas de efluente de ETE por 150 dias. Os resultados mostraram que a exposição induziu a feminização de peixes machos. Em seguida, foram gradativamente expostos a águas naturais por mais 150 dias, resultando na redução de (Vitogelenina) VTG no plasma, porém, não se observou alteração no sistema sexual feminizado dos peixes, indicando que o desenvolvimento da anomalia no sistema reprodutivo foi permanente.

Outros produtos que requerem atenção especial são os antineoplásicos e imunossupressores utilizados em quimioterapia, os quais são conhecidos como potentes agentes mutagênicos (JOÃO, 2011). Com isso, dependendo da dose e/ou tempo de exposição a essas substâncias químicas, é provável que as mesmas estejam relacionadas com doenças como câncer de mama, testicular e de próstata, ovários policísticos e redução da fertilidade masculina (FOLMAR et al. 2000; CASTRO, 2002).

Outro caso de mutação é o das tartarugas, que foi comprovado por Irwin et al. (2001), onde mostraram

que as tartarugas fêmeas expostas a estrogênios são afetadas com altos níveis de VTG no plasma. Esses altos níveis de VTG podem alterar o sistema reprodutivo desses animais como, por exemplo, por alterações na produção de ovos.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) (2011), devido ao fato da concentração dos fármacos em água serem geralmente menores do que em doses terapêuticas, aponta que provavelmente indivíduos exposto a esta água contaminada não sofra de efeitos adversos e assim não trazem referências de valores formais para qualidade da água em relação a esses contaminantes. Custos elevados e uma disponibilidade limitada de tecnologia para a detecção da grande variedade de fármacos são umas das principais dificuldades na implantação de programas de monitoramento. Além do mais, a OMS também cita que tanto o monitoramento quanto um tratamento específico em águas contaminadas para os fármacos só devem ser realizados em áreas que ocorra uma contaminação potencial no local.

2.3 *Técnicas de tratamento de fármacos nas Matrizes Aquáticas*

Estudos demonstram que vários fármacos são persistentes no meio ambiente e não são completamente removidas nas estações de tratamentos de águas residuais. Queiroz et al. (2012), Servos et al (2005), Spengler, Korner e Metzger (2001) estudaram a remoção dos compostos bisfenol A, nonifenol, diclofenaco, sulfanetoxazol, trimentropina e bezafibrato em diferentes técnicas, o primeiro em reatores UASB, o segundo em lagoas de estabilização aeróbias e o terceiro em filtros biológicos percolados. Vericchi et al (2010) estudaram a remoção de diclofenaco, sulfanetoxazol, trimentropina e bezafibrato em *Wetlands*. Ambos os estudos citados acima, obtiveram apenas remoção parcial dos compostos analisados. Ou seja, muitos fármacos resistem aos diversos processos de tratamento convencional de água.

2.3.1 *Filtros Biológicos Percolados (FBP)*

Os FBP é um sistema que leva vantagens quando comparados com outros sistemas aeróbios. Assim como qualquer outro sistema que utiliza biofilme, no FBP os micro-organismos se desenvolvem em meio a uma matriz biológica aderida a uma superfície. Como produto é possível alcançar baixas concentrações de sólidos suspensos no efluente final, mesmo que o sistema não possua uma segunda unidade de decantação. (SILVA e GONÇALVES, 2004).

Kasprzyk-Hordern et al. (2009) realizaram um programa de monitoramento no sul do País de Gales, no Reino Unido, durante cinco meses onde analisou cerca de 55 tipos de produtos farmacêuticos, dentre eles produtos para cuidados pessoais, endócrinos e até drogas ilícitas. Os fármacos estudados estavam presentes em cargas elevadas no esgoto bruto, ainda assim as Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR) que utilizavam o tratamento proporcionaram uma eficiência de 70% de remoção dos mesmos.

Jiang et al. (2005) demonstraram que fármacos endócrinos, tanto os sintéticos quanto os naturais, foram encontrados em águas oriundas de estações de tratamentos de águas residuais. Tais processos biológicos diminuíram as concentrações dos endócrinos, porém, uma vez que tais substâncias possuem um impacto adverso ao meio ambiente em concentrações baixas se faz necessário um tratamento posterior após processos biológicos convencionais.

2.3.2 Lagoas de Estabilização

Lagoa de estabilização é uma técnica utilizada para tratamentos de esgoto, é adequada principalmente para países em desenvolvimento, por se tratar de uma técnica que necessita de uma área considerável para ser implantada, praticamente não possuem necessidade de energia elétrica e não necessitam de equipamentos sofisticados e eletromecânicos (CHEHLING, 2017).

Froehner et al. (2011) investigaram a capacidade de tratamento de águas residuais (ETAR) na remoção de alguns fármacos. Foram utilizadas quatro lagoas de estabilização em série, uma anaeróbia, uma facultativa e três polimento, onde foi tratado o esgoto doméstico da Cidade de Curitiba, Brasil. Com um equivalente populacional de 580.000 habitantes. Obteve-se resultados satisfatórios para o bisfenol-A e estrona com uma remoção de 100%, para o 17 α -etinilestradiol obteve-se uma taxa de remoção de cerca de 99%, já para o 17 β -estradiol obteve-se apenas 57% de remoção do fármaco.

Karthikeyan e Meyer (2006) estudaram a ocorrência de antibióticos em águas residuais em Winsconsin, USA. Onde utilizaram de lagoa aerada facultativa para tratamento de resíduos hospitalares. Para o sulfametoxazol foi obtido umaremoção de cerca de 28% e já para a trimetoprima obteve-se valores de 66%.

2.3.3 Wetlands

Wetlands construídos é uma tecnologia que utiliza métodos naturais envolvendo vegetação, material filtrante e micro-organismos em processos físicos, químicos e biológicos para promover a depuração de águas residuais. (VYMAZAL; KROPFLOVÁ, 2008; TREIN et al., 2015).

Estudos realizados mostram uma baixa eficiência na remoção do diclofenaco pela técnica de *wetlands* sendo utilizadas como pós-tratamento de efluentes secundários, onde a taxa de remoção varia de 5% a 21% (MATAMOROS; BAYONA, 2006; MATAMOROS et al., 2009; GALLETI et al., 2010). Entretanto, Matamoros et al. (2008) reportaram eficiências de remoção maiores em *wetland* construída plantada tratando efluente de lodos ativados apresentando uma eficiência de remoção de até 96%.

2.3.4 Reatores UASB (Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo)

Reator UASB atualmente é a tecnologia mais eficiente no processo de degradação biológica. A concentração de biomassa no reator é bastante elevada, justificando a denominação de manta de lodo, por isso, o tempo de retenção hidráulica é pequeno, sendo o sistema mais adequado na degradação biológica de resíduos líquidos, como resíduos agroindustriais e tratamento de esgoto. Devido a esta elevada concentração, o volume requerido para reatores anaeróbios de manta de lodo é bastante reduzido em comparação com outros sistemas de tratamento. Nesse reator, o gás metano gerado é recolhido na parte superior, podendo ser utilizado no reaproveitamento energético com a sua queima (CHERNICHARO, 1997).

Guerra (2017) avaliou a influência do ferro e do sulfato na degradação de paracetamol em reatores biológicos anaeróbios. Foram montados reatores anaeróbios em batelada onde os mesmos possuíam diferentes concentrações de ferro e sulfato. Dos 5 reatores estudados, o reator que possuía concentrações máximas de ferro e sulfato obteve o melhor resultado na remoção do paracetamol, chegando a 98% de degradação do fármaco.

Graaff et al. (2011) utilizaram um reator UASB em escala piloto (50 L) no tratamento de águas negras em uma comunidade em Friesland na Holanda, obtendo 22% de eficiência na remoção de diclofenaco e 100%

na remoção de trimetoprima. Já Reyes et al. (2010) não obteve remoção significativa para o diclofenaco utilizando um reator UASB no tratamento de esgoto sanitário.

2.3.5 Filtração em Margem (FM)

A FM consiste na locação de poços de bombeamento junto a um manancial superficial, seja ele rio, lago ou reservatório, fazendo com que ocorra um diferencial de carga hidráulica entre o manancial e o lençol freático, ocorrendo uma indução da água, tanto do manancial superficial quanto do lençol freático, através do meio poroso até o poço de produção. Nessa passagem da água pelo meio poroso, ocorrem diversos processos, físico, químicos e biológico, responsáveis pela atenuação de contaminantes. Neste contexto, a água produzida pela FM é uma mistura da água infiltrada do manancial superficial e da água subterrânea presente no aquífero. (TUFENKJI et al., 2002; GRISCHEK et al., 2010).

Veras et al. (2017) estudaram a remoção de diclofenaco através da técnica de FM no Rio Beberibe, localizado em Recife, Pernambuco. Foram examinadas amostras de dois poços de bombeamento mais dois pontos do manancial. Os resultados mostraram a presença de diclofenaco nas amostras dos dois poços, porém sua concentração foi significativamente menor do que a concentrações analisadas nos pontos do no manancial. As concentrações do diclofenaco analisado nos pontos do rio variaram entre 0.029 a 0.055 mg·L⁻¹, já nas amostras dos poços variaram entre 0.001 e 0.009 mg·L⁻¹.

D'Alessio et al. (2014) investigaram o efeito da temperatura, do oxigênio e da matéria orgânica na remoção de seis PhACs (cafeína, carbamazepina, 17- β estradiol [E2], estrona [E1], gemfibrozil, e fenazona) durante a filtração em margem. O resultado mostrou que a filtração em margem pode ser utilizada no tratamento de PhACs, mas todos mostram remoção mais lenta durante o período do inverno. A Fenazona foi atenuada pelo nível de oxigênio, a cafeína e E2 foram atenuados na presença de matérias orgânicas, Carbamazepina e o gemfibrozil mostraram uma remoção limitada, independentemente dos diferentes níveis dos parâmetros investigados, já o E1 foi atenuado pelas diferentes condições ambientais testadas.

Regnery et al. (2015) reportaram um estudo em um projeto piloto de FM instalado no rio South Platte perto de Brighton, no Colorado, observando diferenças significativas na remoção entre conjuntos de dados anuais para cafeína, trimetoprim, sulfametoxazol e carbamazepina.

3. Conclusão

Um das cadeias de consumo que mais vem comprometendo os mananciais com uma crescente geração de resíduos e descartes indevidos são os fármacos. Gradativamente as matrizes aquáticas estão sofrendo uma contaminação hídrica, onde o consumo irresponsável e o descarte inadequado de compostos químicos nos mananciais torna-se cada vez mais um fator relevante na diminuição quantitativa e qualitativa da água.

A indústria farmacêutica foi uma das que mais cresceu com a evolução dos processos industriais, fazendo com que seus produtos se tornassem gêneros de primeira necessidade. Uma das principais preocupações em relação aos resíduos farmacêuticos se deve ao fato de que os mesmos podem ser persistentes no meio ambiente e não serem completamente removidos nas estações de tratamentos de águas residuais. Sendo sua presença nos mananciais um potencial gerador de impactos negativos, tanto para a saúde humana, quanto para os ecossistemas aquáticos. Somado a isso o descarte de medicamentos em desuso, vencidos ou sobras é realizado por grande parte da população, através do lixo doméstico ou em rede pública de esgoto.

A ocorrência de fármacos no ambiente aquático tem levantado a questão sobre o abastecimento de água,

a saúde pública e os impactos no meio, tornando-se imprescindível encontrar formas de detectar a presença dessas substâncias nos mananciais e conseqüentemente associar essa problemática a um gerenciamento mais eficaz de resíduos de fármacos. Neste sentido, faz-se necessário uma orientação, através de medidas socioeducativas ambientais, a população, sobre as conseqüências do descarte indevido de medicamentos.

4. Referências

ALVARENGA, L. S. V.; NICOLETTI, M. A. Descarte doméstico de medicamentos e algumas considerações sobre o impacto ambiental decorrente. **Revista Saúde UNG**, v. 4, n. 3, 2010.

ALVARENGA, L. S. V.; NICOLETTI, M. A. Descarte doméstico de medicamentos e algumas considerações sobre o impacto ambiental decorrente. **Revista Saúde-UNG**, v. 4, n. 3, p. 34-39, 2011.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Descarte de medicamentos: responsabilidade compartilhada**. Disponível em: < <http://189.28.128.179:8080/descartemedicamentos/apresentacao-1>> Acesso em: 25 de setembro 2017.

BALBINO¹, M. L. C.; BALBINO, E. C. O descarte de medicamentos no Brasil: Um olhar socioeconômico e ambiental do lixo farmacêutico. **Revista Brasileira de Estudos Jurídicos – Faculdades Santo Agostinho**, v. 7, n. 1, p. 87-100, 2017.

BILA, D. M.; DEZOTTI, M. Fármacos no meio ambiente. **Química Nova**, v. 26, n. 4, p. 523-530, 2003.

BRANDT, E. M. F. **Avaliação da remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em sistemas simplificados de tratamento de esgoto (reatores UASB seguidos de pós-tratamento)**. Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte (MG). [Links], 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n.º 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. Brasília, DF, Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, 4 de maio 2005.

CASTRO, C. M. B. de. Perturbadores endócrinos ambientais: uma questão a ser discutida. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, ABES, v.7, n 1/2 (jan./jun), p. 4-5, 2002.

CHAVES, A. M. M. **Descarte de medicamentos e seus impactos socioambientais**. 2014. Monografia (Bacharel em Farmácia), 2011. João Pessoa, Universidade Federal da Paraíba, 2014.

GEHLING, Gino. **Tratamentos de água e esgoto**. Rio Grande do Sul, 2017.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Reatores anaeróbios. Vol. 5. Belo Horizonte, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental - UFMG, 1997.

D'ALESSIO, M.; YONEYAMA, B.; RAY, C. Fate of selected pharmaceutically active compounds during

simulate driver bankfiltration. Elsevier, [S.l.], 28 out. 2014. **Science of the Total Environment**, p. 615-622. Disponível em: <<http://www.elsevier.com/locate/scitotenv>>. Acesso em: 22 Nov. 2017.

FALQUETO, E.; KLIGERMAN, D. C.; ASSUMPCÃO, R. F.. Como realizar o correto descarte de resíduos de medicamentos? **Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 1, p.3283-3293, 2006.

FOLMAR, L. C. et al. Comparative estrogenicity of estradiol, ethynyl estradiol and diethylstilbestrol in an in vivo, male sheep sheadmin now (*Cyprinodon variegatus*), vitellogenin bioassay. **Aquatic Toxicology**, v. 49, n. 1, p. 77-88, 2000.

FROEHNER, S.; PICCIONI, W.; MACHADO, K. S.; AISSE, M. M. Removal Capacity of Caffeine, Hormones, and Bisphenol by Aerobic and Anaerobic Sewage Treatment. **Water, Air & Soil Pollution**, v. 216, p. 463-471, 2011.

GALLETTI, A.; AL AUKIDI, M.; VERLICCHI, P.; PETROVIC, M.; BARCELÓ, D. Pharmaceuticals removal in a H-SSF treating a secondary domestic waste water – an experimental investigation. **Anais...** In: International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, 12. Proceedings of the International Conference on wetland systems for water pollution control. Venice: IWA, 2010.

GARCIA L. P., ZANETTI-RAMOS B. G. Gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde: uma questão de biossegurança. **Cad Saúde Pública**, v.20, n.3, p.744-52, 2009.

GEBHARDT W.; SCHRÖDER H.Fr. Liquid chromatography-(tandem) mass spectrometry for the follow-up of the elimination of persistent pharmaceuticals during wastewater treatment applying biological wastewater treatment and advanced oxidation. **J. Chromatogr. A**, v.1160, p.34-43, 2007.

GUERRA, E. D. **Avaliação da influência do ferro e do sulfato na degradação de paracetamol em reatores biológicos anaeróbios**. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental). Caruaru-PE, Centro Universitário Tabosa de Almeida ASCES/UNITA 2017.

GRAAFF, M. S.; VIENO, N. M.; KUJAWA-ROELEVELD, K.; ZEEMAN, G.; TEMMINK, H.; BUISMAN, C. J. N.; Fate of hormones and pharmaceuticals during combined anaerobic treatment and nitrogen removal by partial nitrification in anammox in vacuum collected black water. **Water Research**, v. 45, p. 375-383, 2011.

HEBERER, T. Tracking persistent pharmaceutical residues from municipal sewage to drinking water. **Journal of Hydrology**, v.266, p.175-189, 2002.

HIRATUKA, Célio et al. **Logística reversa para o setor de medicamentos**. Brasília: ABDI, 2013.

IRWIN, L. K.; GRAY, S.; OBERDÖRSTER, E.. Vitellogenin induction in painted turtle, *Chrysemys picta*, as a biomarker of exposure to environmental levels of estradiol. **Aquatic Toxicology**, v. 55, n. 1, p. 49-60, 2001.

JIANG, J. Q. et al. Occurrence and treatment of endocrine disrupting chemicals (EDCs) in wastewaters.

Chemosphere, v. 61, n. 4, p. 544-550, 2005.

JOÃO, W. da S. J.. Descarte de medicamentos. **Pharmacia Brasileira**, v. 82, n. 82, p. 14-16, 2011.

KARTHIKEYAN, K. G.; MEYER, M. T. Occurrence of antibiotics in waste water treatment facilities in Wisconsin, USA. **Science of the Total Environment**, v. 361, p. 196-207, 2006.

KASPRZYK-HORDERN, B.; DINSDALE, R. M.; GUWY, A. J. The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during waste water treatment and its impact on the quality of receiving waters. **Water Research**, v. 43, n. 2, p. 363-380, 2009.

KÜMMERER, Klaus. Pharmaceuticals in the environment. **Annual review of environment and resources**, v. 35, p. 57-75, 2010.

Lei Nº 12305/2010 - "**Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.**" - Data da legislação: 02/08/2010 - Publicação DOU, de 03/08/2010. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=636>> Acesso: 30 de novembro de 2017.

MAENG, S. K., AMEDA, E., SHARMA, S. K., GRÜTZMACHER, G. & AMY, G. Organic micropollutant removal from waste water effluent-impacted drinking water sources during bankfiltration and artificial recharge. **WaterResearch**, v.44, n.14, p.4003-4014, 2010.

MATAMOROS, V.; ARIAS, C.; BRIX, H.; BAYONA, J. M. Preliminary screening of small-scale domestic waste water treatment systems for removal of pharmaceutical and personal care products. **Water Research**, v. 43, p. 55-62, 2009.

MATAMOROS, V.; BAYONA, J. M.; Elimination of pharmaceuticals and personal care products in subsurface flow constructed wetlands. **Environmental Science & Technology**, v. 40, p. 5811-5816, 2006.

MATAMOROS, V.; GARCÍA, J.; BAYONA, J. M. Organic micropollutant removal in a full scale Surface flow constructed wetland fed with secondary effluent. **Water Research**, v. 42, p. 653-660, 2008.

MELO S. A. S., TROVO A. G., BAUTITZ I. R., NOGUEIRA R. F. P. **Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados**. Quím Nova, v.32, n.1, p.188-197, 2009.

OMS ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE. **Guidelines for Drinking-water Quality**. 4 WHO World Health Organization, Geneva, 2011.

QUEIROZ, F.B.; BRANDT, E.M.F.; AQUINO, S.F.; CHERNICHARO, C.A.L.; AFONSO, R.J.C.F. Occurrence of pharmaceuticals and endocrine disruptors in raw sewage and their behavior in UASB reactors operated at different hydraulic retention times. **Water Science & Technology**, v. 6612, p. 2562-2569, 2012.

REGNERY, J.; BARRINGER, J.; ALEXANDRE D. WING, A. D.; HOPPE-JONES, C.; TEERLINK, J.; DREWES, J. E. Start-up performance of a full-scale river bank filtration site regarding removal of DOC, nutrients, and trace organic chemicals. **Chemosphere**, v.127, p.136-142, 2015.

Resolução CONAMA Nº 358/2005 - "**Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências.**" - Data da legislação: 29/04/2005 - Publicação DOU nº 084, de 04/05/2005, págs. 63-65. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=462>> Acesso em: 30 de novembro de 2017.

REYES, C.; MATAMOROS, V.; CRUJEIRAS, B.; RUIZ, I.; SOTO, M.; BAYONA, J. M. Evaluation of an aerobic digester (UASB) followed by a hybrid constructed wetland for their removal of PPCPs in urban waste water: A pilot study. **Anais...** In: International Conference on Wetland Systems For Water Pollution Control, 12. Proceedings of the International Conference on wetland systems for water pollution control. Venice: IWA, 2010.

RODGERS-GRAY, T. P. et al. Exposure of juvenile roach (*Rutilus rutilus*) to treated sewage effluent induces dose-dependent and persistent disruption in gonadal duct development. **Environmental Science & Technology**, v. 35, n. 3, p. 462-470, 2001.

RODRIGUES, C. R. B.. **Aspectos Legais e Ambientais do Descarte**. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 112f. 2009. Disponível em: <<http://www.pg.utfpr.edu.br/dirppg/ppgep/dissertacoes/arquivos/121/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 29 de novembro 2017.

SERVOS, M.R.; BENNIE, D.T.; BURNISON, B.K.; JURKOVIC, A.; McINNIS, R.; NEHELI, T.; SCHNELL, A.; SETO, P.; SMYTH, S.A.; TERNES, T.A. Distribution of estrogens, 17 β -estradiol and estrone, in Canadian municipal wastewater treatment plants. **Science of The Total Environment**, v. 336, n. 1-3, p. 155-170, 2005.

SILVA, G. M. D.; GONÇALVES, R. F.. Desempenho de um sistema UASB más filtro biológico percolador sem etapa de decantação tratando esgoto sanitário. **Anais...** In Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 23 (pp. 1-9). ABES. 2005.

SPENGLER, P.; KÖRNER, W.; METZGER, J. Substances with estrogenic activity in effluents of sewage treatment plants in southwestern Germany. **Chemical analysis. Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 20, n. 10, p. 2133-2141, 2001.

TERNES T.A. Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. **Water Res.**, v.32, n.11, p.3245-3260, 1998.

TREIN, C. N.; PELISSARI, C.; HOFFMANN, H.; PLATZER, C. J.; SEZERINO, P. H. Tratamento descentralizado de esgotos de empreendimentos comercial e residencial empregando a ecotecnologia dos wetlands construídos. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 351-367, out./dez. 2015.

VERLICCHI, P.; GALLETI, A.; AL AUKIDI, M.; PASTI, L.; MARCHETTI, N. Evaluation of sulphametoxazole, ciprofloxacin and trimethoprim removal in a H-SSF system: An experimental investigation. In: **12th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Proceedings...**, Venice: IWA, 2010.

VERAS, T. B.; CABRAL, J. J. S. P.; RIBEIRO, A.L.; DUARTE, M. M. B.; ZAIDAN, E. M. C. A filtração em margem na remoção de fármacos: Estudo de caso rio Beberibe-PE, Brasil. **Anais...** In: Simpósio de Hídrica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa. 2017.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Volume 1: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, UFMG, 2005.

VYMAZAL, J.; KROPFLOVÁ, L. **Wastewater Treatment in Constructed Wetlands With Horizontal Sub-Surface Flow**. Republica Tcheca: Springer, 2008.

ZUCCATO, E.; CASTIOGLIONI, S. & FANELLI, R. Identification of the pharmaceuticals for human use contaminating the Italian aquatic environment. **J. Hazard Mat.**, v.122, p.205-209, 2005.

ZUCCATO, E. & et al. Pharmaceuticals in the environment in Italy: causes, occurrence, effects and control. **Environ. Sci. Pollut. Res. Int.**, v.13, n.1, p.15-21, 2006.