

REVISTA AIDIS

de Ingeniería y Ciencias Ambientales:
Investigación, desarrollo y práctica.

OCORRÊNCIA, DETECÇÃO E ROTA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES COM CONTAMINAÇÃO POR DROGAS ILÍCITAS NO BRASIL: UMA REVISÃO DA LITERATURA

Marina Teixeira Cunha Frias ¹
* Marcos Paulo Gomes Mol ²

OCCURRENCE, DETECTION AND ROUTE OF TREATMENT OF EFFLUENTS WITH ILLICIT DRUG CONTAMINATION IN BRAZIL: A LITERATURE REVIEW

Recibido el 29 de marzo de 2021. Aceptado el 18 de junio de 2021

Abstract

With the growth of the consumption of illicit drugs in Brazil and in the world, the potential of their contamination in surface water, groundwater and sewage is growing as well. The cycle of contamination by these and other micropollutants has received attention for the possibility of causing problems when exposed to humans and animals, despite the low quantified concentration. Due to the complexity of this type of matrix, it is used advanced procedures for its quantification, such as the coupling technique of liquid chromatography and mass spectrometry (UPLC-MS/MS). In order to retain and/or remove the micropollutants in the sewage and water treatment plants, the addition of tertiary treatment is necessary since conventional methods do not have a high removal efficiency. The quantification of these contaminants in waters and sewage has important relevance in the dissemination of the information of consumption of these illicit drugs.

Keywords: illicit drugs, contamination, sewage treatment, water treatment.

¹ Instituto de Educação Continuada, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Brasil.

² Diretoria de Pesquisas e Desenvolvimento, Fundação Ezequiel Dias, Brasil.

*Diretoria de Pesquisas e Desenvolvimento, Fundação Ezequiel Dias. Rua Conde Pereira Carneiro, 80- Gameleira, Belo Horizonte, Gameleira. 30510010. Brasil. Email: marcos_mol@yahoo.com.br

Resumo

O consumo de drogas ilícitas no Brasil e no mundo está em crescimento e com isto, aumenta o potencial de contaminação das águas superficiais, subterrâneas e esgotos. O ciclo de contaminação das águas por estes e outros micropoluentes pode comprometer a saúde de humanos e animais, apesar da baixa concentração quantificada. Devido à complexidade de análise de micropoluentes nos corpos d'água, utiliza-se de procedimentos avançados para sua quantificação, como a técnica do acoplamento de cromatografia líquida e espectrometria de massas (UPLC-MS/MS). Para reter e/ou remover os micropoluentes nas estações de tratamento de esgoto e água, faz-se necessário o acréscimo de tratamento terciário, uma vez que os métodos convencionais muitas vezes não são projetos para remover essas substâncias recalcitrantes. A quantificação destes poluentes nas águas e esgotos tem importante relevância na disseminação da informação de consumo destas drogas ilícitas.

Palavras chave: drogas ilícitas, contaminação, tratamento de esgoto, tratamento de água.

Introdução

A qualidade da água para o consumo e o uso adequado deste recurso têm sido preocupações crescentes da população mundial, nos últimos anos. Isto porque o acesso à água é condição de sobrevivência do homem, e por ser um recurso natural limitado, seu mau uso pode acarretar a contaminação das águas e a escassez hídrica (Freiria, 2016).

Com a expansão global, vem aumentando a demanda de água potável no mundo e, conseqüentemente, torna-se essencial o ciclo de tratamento de forma eficiente. Vê-se necessário também, para a garantia do consumo de água potável, a conscientização contra o desperdício e o cuidado com o reuso, visando ampliar a oferta deste recurso e favorecer a qualidade que se disponibiliza para consumo. Portanto, as águas contaminadas podem acarretar inúmeros prejuízos à saúde incluindo a disseminação de doenças de veiculação hídrica (Montagner; Vidal; Acayaba, 2017).

A utilização da água, seja no setor industrial ou consumo doméstico, está normalmente associado à geração de efluentes líquidos contaminados por poluentes de origem biológica e/ou química. Os poluentes orgânicos emergentes têm recebido grande atenção em busca de monitoramento e controle, pois não há legislação regulatória correspondente, seu consumo mostra-se crescente e por apresentar potencial risco à saúde humana e ao meio ambiente (Silva; Collins, 2011).

Os poluentes orgânicos emergentes são reconhecidos por causar disfunção do sistema endócrino e reprodutivo dos seres vivos, distúrbios metabólicos, incidência de neoplasias malignas e indução de bactérias resistentes. Alguns exemplos destes poluentes são os produtos farmacêuticos como antibióticos, os antissépticos e contraceptivos; os produtos de higiene pessoal como repelentes de insetos e protetores solar; os interferentes endócrinos vistos como agrotóxicos, os aditivos industriais, os aditivos de gasolina, as drogas ilícitas, dentre outros (Silva; Collins, 2011).

A preocupação pela eliminação deste tipo de poluente nos corpos d'água se dá por se tratar de uma substância que normalmente não é removida e/ou retida nas estações de tratamento de esgotos convencionais. Muitas vezes esses poluentes são pouco degradáveis e podem causar efeitos negativos, agindo até mesmo em baixas concentrações (Nascimento; Araújo; Alvarez; 2015 e Silva; Collins, 2011).

Portanto, o propósito desta revisão da literatura foi avaliar as discussões presentes na literatura quanto à identificação, quantificação e tratamento de resíduos de drogas ilícitas presentes nas águas superficiais, subterrâneas e águas residuárias.

Metodologia

A revisão da literatura descrita no presente trabalho foi baseada no estudo da ocorrência da contaminação de efluentes líquidos por drogas ilícitas, bem como a detecção e quantificação destas substâncias. Para isto, foi utilizado o Google Acadêmico como plataforma de pesquisa, considerando que essa acessa bases científicas importantes como Web of Science, SciELO, dentre outras. Não houve restrição de idiomas e de delimitação geográfica.

Foram estipulados três conjuntos de palavras como algoritmos de busca, sendo eles: "drogas ilícitas" AND "contaminação" AND "efluente"; detecção AND "drogas ilícitas" AND "efluente líquido" e "tratamento avançado" AND "drogas ilícitas" AND "efluente líquido". Os algoritmos foram pesquisados em português e em inglês. Os algoritmos foram propostos visando alcançar trabalhos que discutiam a frequência e/ou estudavam a contaminação de águas residuárias por drogas ilícitas no Brasil. Portanto, o critério de inclusão priorizou os trabalhos que descreviam as formas de detecção das drogas ilícitas na matriz da água residuária e águas superficiais, bem como propunham tratamento avançado capaz de remover ou atenuar a presença destes poluentes.

Como critério de inclusão também foi observada a descrição do uso de droga no Brasil, visando, em especial, avaliar a contaminação dos corpos d'água. Em contrapartida, foram excluídos os artigos que relacionavam especificamente a quantificação, detecção e tratamento de algum outro tipo de micropoluentes e os artigos que citavam o tratamento avançado para águas residuárias, mas que não relacionavam a eficiência para remoção das drogas ilícitas.

As buscas foram realizadas entre meses de março e abril de 2019.

Resultados e discussões

Para o primeiro filtro da pesquisa, utilizou-se o conjunto de palavras "drogas ilícitas" AND "contaminação" AND "efluente" e foram encontrados 111 artigos. Já através do segundo filtro, "detecção" AND "drogas ilícitas" AND "efluente líquido", foram encontrados 13 artigos. O terceiro filtro "tratamento avançado" AND "drogas ilícitas" AND "efluente líquido" resultou em apenas 3 artigos.

Através da leitura dos títulos dos 127 artigos disponibilizados pela plataforma de busca, foi possível selecionar 30 deles para a leitura do resumo. Destes, constatou-se que apenas 10 faziam relação com o tema de pesquisa e foram lidos na íntegra. Observou-se a repetição de 2 artigos na primeira busca com alteração apenas de idioma, 6 artigos no segundo filtro e os 3 artigos da terceira busca também já havia sido relacionados tanto na primeira quanto na segunda pesquisa, conforme fluxograma da Figura 01.

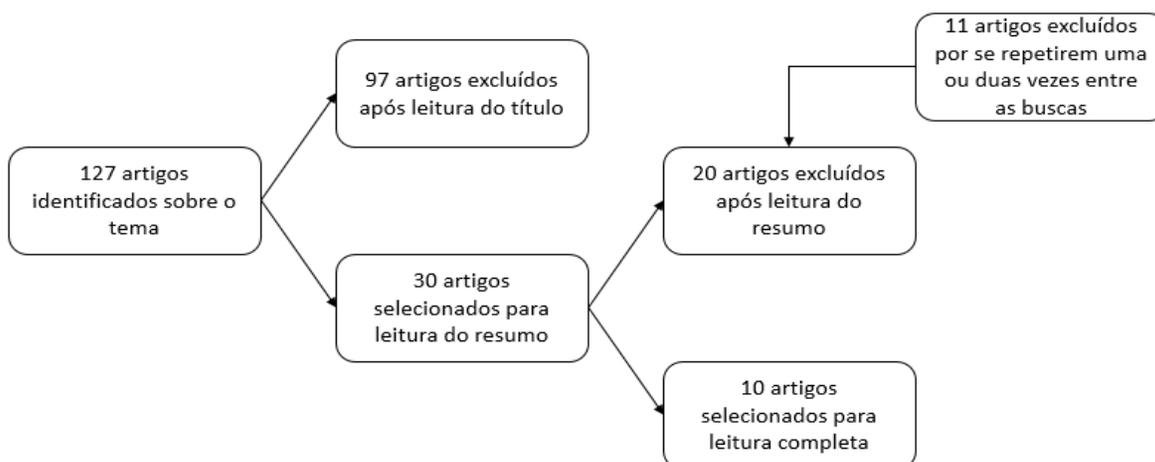


Figura 1. Fluxograma do processo de seleção de artigos.

Os resultados das pesquisas variaram em informações gerais sobre o consumo de droga ilícita no Brasil, classificação das drogas, caracterização geral de micropoluentes endócrinos e métodos de extração das drogas de matrizes como águas de abastecimento e águas residuárias para quantificação das mesmas por equipamentos de alta eficiência, conforme descrito no Quadro 01.

O uso de drogas ilícitas no Brasil e no mundo vem crescendo ao longo do tempo. Este tipo de substância possui efeitos psicotrópicos, causando danos no sistema nervoso central. Como consequência do uso, observam-se efeitos negativos como alteração de humor, de consciência e sentimentos, podendo causar distúrbios comportamentais (Pereira, 2018).

Quadro 1. Compilado dos principais resultados apresentados pelo artigos selecionados nesta revisão.

Ano	Autores	Principais Resultados
2019	Ferreira, Al.	Investiga a presença de drogas ilícitas como compostos ativos no meio ambiente, focando nos tipos mais consumidos e sua prevalência.
2018	Pontes, A.	Investiga a presença de cocaína e benzoilecgonina em um igarapé pertencente a uma bacia de Manaus-AM. Foram utilizadas etapas de extração e quantificação em equipamentos de alta eficiência.
2017	Silva, L.; Valente-Ferreira, R.	Relata a necessidade do conhecimento da contaminação dos poluentes emergentes e seus riscos à população.
2017	Montagner, C.; Vidal, C.; Acayaba, R.	Artigo de revisão que associa o cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios dos contaminantes emergentes, em matrizes de água envasada, subterrânea, superficial, de abastecimento público e efluentes bruto e tratado.
2015	Campestrini, I.	Determina sete subprodutos da cocaína em amostras de urina de usuários de droga, bem como a eficiência de remoção de cocaína e benzoilecgonina (principal metabólito da cocaína) em duas estações de tratamento de esgoto.
2013	Feitosa, R.; Sodré, F.	Artigo de revisão que relaciona as principais técnicas de determinação analítica de drogas de abuso em águas superficiais e efluentes, bem como sua ocorrência.
2011	Locatelli, M.	Descreve o mercado e presença de antibióticos e drogas ilícitas em matrizes ambientais. Métodos de extração e determinação em amostras coletadas na bacia do Rio Atibaia (SP).
2011	Silva, C.; Collins, C.	Expõe a alta performance da cromatografia líquida para a separação dos poluentes orgânicos emergentes.
2011	Botelho, E.	Propõe um novo método de analisar amostras de cocaína, os alcoides. Relata também números relevantes do tráfico de drogas e legislação brasileira.
2010	Simões, P.	Descreve possíveis inclusões de etapas de tratamento avançado nos processos das estações de tratamento de águas residuárias convencionais, visando a remoção de micropoluentes endócrinos.

A ANVISA, através da Portaria 344/98, é o órgão regulador das substâncias químicas controladas, podendo ser elas restritas ou proscritas. As drogas ilícitas (entorpecentes) estão definidas no anexo da Portaria divididas em listas que vão de A a F, caracterizando cada grupo por sua restrição e condição de uso ou por sua proscrição (Brasil, 1988).

As principais drogas de abuso podem ser ingeridas de diversas formas, como: inalação, fumo ou em pó por via intranasal ou endovenosa. De acordo com a forma em que estas drogas são consumidas o corpo as metaboliza em diferentes outras substâncias. A caracterização destas é baseada nas estruturas químicas das substâncias e em suas origens, sendo divididas em grupos dos tipos: canabinoides, cocaínicos, opioides e estimulantes anfetamínicos. Tais classes correspondem a 90% do consumo mundial, dentre todos os tipos de drogas ilícitas. Os canabinoides são derivados da maconha (cannabis), os cocaínicos pertencem à classe dos alcaloides tropânicos e são obtidas a partir das folhas de coca (*Erythroxylum coca*), os opioides têm como principal alcaloide a morfina e são substâncias naturais derivadas do ópio (extrato vegetal herdado das flores da papoula) e os estimulantes anfetamínicos são advindos de substâncias sintéticas da família alfa-metilfenilaminas. (Campestrini, 2015; Feitosa; Sodré; Madaner, 2013).

Segundo a UNODC (United Nations Office on Drugs and Crime), durante o ano de 2016, 5.6% da população global, nas idades entre 15 e 64 anos, fez uso de drogas pelo menos uma vez (275 milhões de pessoas) (World Drug Report, 2018).

No Brasil, destaca-se a cocaína como uma das drogas mais consumidas. Em 2005, de acordo com a pesquisa descrita no Relatório Brasileiro Sobre Droga, onde foram entrevistadas 108 cidades com mais de 200 mil habitantes no Brasil, houve a prevalência do seu uso de 2.9% quando comparada as demais drogas ilícitas. A faixa etária de maior consumo da cocaína está entre 25 e 34 anos (Duarte; Stempluk; Barroso, 2009). Já em 2012, estimou-se o consumo de cocaína por aproximadamente 2.5 milhões de brasileiros (Laranjeira, 2014). A produção e cultivo de arbustos de cocaína são citados por Botelho (2011), relacionando uma produção mundial igual a 158,800 hectares no ano de 2009.

O uso da cocaína no mundo é crescente, sendo que em 2016 foi estimado o uso da mesma por 18.2 milhões de pessoas e a produção alcançou o nível mais alto, estimando uma fabricação de 1,410 toneladas da droga (World Drug Report, 2018).

Em relação à presença de drogas ilícitas em águas superficiais, subterrâneas e nas matrizes aquáticas, Montagner et al. (2017) citaram as concentrações mínimas e máximas das drogas ilícitas encontradas, para cada uma das matrizes aquáticas, sendo elas: 174-9,717 ng L⁻¹ na água residuária bruta, 3.0-5,896 ng L⁻¹ em água superficial e 6.0-652 ng L⁻¹ em água subterrânea. Já Simões (2010) cita a concentração de 4-300 µg kg⁻¹ de drogas ilícitas por massa de matéria sólida nas águas residuais.

Esta contaminação presente em todas as matrizes se dá pelo descarte inadequado das drogas e excreção de seus metabólitos. Assim como citado por Silva e Valente-Ferreira (2017), os tratamentos convencionais de efluentes e águas são ineficientes para a eliminação dos

contaminantes emergentes, observando assim, a presença dos poluentes emergentes nas matrizes de água superficial, subterrânea e residuárias. Além de não ser eficiente para o tratamento e retenção dessa classe de poluentes, observa-se a precariedade dos serviços de saneamento básico no Brasil, pois apenas 50.3 % do esgoto produzido no país é coletado, onde 42.7 % destes são tratados em sistemas convencionais (Lourenço, 2018).

Para se ter a remoção dos micropoluentes endócrinos nas etapas de tratamento de efluentes, por exemplo, é necessário levar em consideração as propriedades físico-químicas dos mesmos, a configuração do sistema de tratamento, as condições ambientais e os parâmetros operacionais da estação de tratamento de esgotos. Com isto, pode-se ocorrer fenômenos, principalmente de degradação, que envolvem etapas de biodegradabilidade, variando de acordo com o potencial de cada micropoluente, fotodegração e volatilização. A adsorção também pode ser considerada um mecanismo para remoção, devendo-se levar em consideração que o mesmo transfere a contaminação da fase líquida para a fase sólida do lodo, sendo assim uma substituição e não eliminação (Aquino; Brandt; Chernicharo, 2013).

Ao variar os sistemas de tratamento, a eficiência de remoção de micropoluentes também varia. As etapas de tratamento de esgoto mais comuns são: lodos ativados, filtros biológicos percoladores, lagoas de estabilização, wetlands e reatores anaeróbios. Com isto, pode-se variar condições que se relacionam aos mecanismos, como, idade de lodo, tempo de detenção hidráulica, potencial hidrogeniônico, entre outros. Os fármacos, como exemplo de uma classe dos micropoluentes, possuem eficiência de remoção, nos sistemas comuns de tratamento de esgoto, variando entre intermediária (20 a 80%) e baixa (<20%). Como possibilidade de aumento desta eficiência tem-se como proposta a ampliação da unidade de tratamento, através de uma terceira fase avançada, que pode incluir a adsorção em carvão ativado, oxidação química, dentre outros (Aquino; Brandt; Chernicharo, 2013).

A complexidade da matriz do efluente e a baixa concentração das drogas na mesma, fazem com que métodos avançados sejam necessários para sua quantificação. Para isto, é necessária uma etapa de extração, uma de separação e, por último, uma de detecção. O método mais comum utilizado é a extração da amostra em fase sólida com posterior injeção em um sistema de cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas. Collins e Silva (2011) relatam o uso desta técnica para quantificar nove drogas ilícitas em amostras de efluentes coletadas em estações de tratamento da Bélgica. Locatelli (2011) utiliza do mesmo procedimento para a avaliação de 10 substâncias ilícitas em matrizes aquosas do rio Atibaia em São Paulo, demonstrando o perfil diário e semanal de concentração.

Utilizando o mesmo método de quantificação de drogas, Campestrini (2015) avaliou a eficiência de remoção de cocaína e benzoilecgonina (metabólito da cocaína) em duas estações de

tratamento de esgoto da cidade de São Paulo e relatou a melhor eficiência entre 96 e 99%. Foi avaliado também amostras de água de abastecimento, onde a benzoilecgonina foi encontrada em níveis de 300 a 1000 ng L⁻¹.

Feitosa e Sodré (2013), relata em seu artigo de revisão a ocorrência de drogas de abuso em efluente bruto, efluente de estação de tratamento de esgotos e água superficial em alguns países. Os autores citam cinquenta e cinco artigos de quantificação de diferentes grupos de drogas, variando as matrizes, o tipo de amostragem, a preservação das amostras, quantidade de amostras e fator de concentração, método de extração e de determinação.

Ferreira (2019), apresenta um estudo recente da contaminação por drogas ilícitas no meio ambiente, selecionando trinta e quatro artigos que avaliavam quantidade de consumo de drogas, concentração destas em águas residuárias e influência do uso de drogas.

Por fim, Pontes (2018) estudou a contaminação de cocaína e benzoilecgonina no igarapé do Franco, situado na cidade de Manaus – AM. Utilizando a extração em fase sólida e análise utilizando a cromatografia líquida acoplada à espectrometria de massas, constatou-se a concentração de cocaína entre 35.41-20,667.73 ng L⁻¹ e benzoilecgonina entre 15.73-6,566.37 ng L⁻¹. Fez-se também a estimativa de consumo da população e chegou a um valor entre 0.0005-1.084 mg (hab.dia)⁻¹.

Conclusões

O presente trabalho demonstrou a pequena quantidade de artigos publicados relacionados à contaminação de águas superficiais, subterrâneas e residuárias por drogas ilícitas. A quantificação das drogas nas matrizes aquáticas se fez presente em boa parte dos artigos selecionados, em especial, a cocaína e benzoilecgonina (metabólito da cocaína). As concentrações encontradas estão na escala de nanogramas, demonstrando-se baixas. Pouco se sabe sobre o potencial de contaminação desse tipo de poluentes orgânicos nos ambientes naturais e seus efeitos negativos. O tratamento avançado pode ser um recurso eficiente para a retenção de micropoluentes, podendo assim, remover estes contaminantes dos efluentes, interrompendo seu ciclo.

Referencias bibliográficas

- Aquino, S., Brandt, E., Chernicharo, C. (2013) Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, **18**,.5-9.
- Botelho, E. (2011) *Desenvolvimento de uma nova metodologia analítica para identificação e quantificação de truxilinas em amostras de cocaína baseada em cromatografia líquida alta eficiência acoplada à espectrometria de massas (CLAE-EM)*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Instituto de Química. Programa de Pós-Graduação. Distrito Federal, Brasília, 174 pp.

- Brasil, (1988) *Portaria Nº 344, de 12 de maio de 1988*. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Acesso em: 05 de fevereiro de 2019. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/svs/1998/prt0344_12_05_1998_rep.html
- Campestrini, I. (2015) *Determinação de cocaína e metabólitos em amostras de urina de usuários da droga e em amostras ambientais*. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química. Campinas – SP, 185 pp.
- Collins, C., Silva, C. (2011) Aplicações de cromatografia líquida de alta eficiência para o estudo de poluentes orgânicos emergentes. *Química Nova*, **34**(4), 665-676.
- Duarte, P., Stempluk, V., Barroso, L. (2009) *Relatório Brasileiro Sobre Drogas*. Secretaria Nacional de Políticas Sobre Drogas. Brasília – DF, 2009.
- Feitosa, R., Sodré, F., Madaner, A. (2013) Drogas de abuso em águas naturais e residuárias urbanas: ocorrência, determina o e aplica es forenses. *Química Nova*, **36**(2), 291-305.
- Ferreira, A. (2019) Estimaciones del consumo de drogas ilícitas derivadas del análisis de aguas residuales: una revisión crítica. *Rev Univ Ind Santander Salud*. **51**(1): 69-80. doi: 10.18273/revsal.v51n1-201900, 2019.
- Freiria, R. (2016) Direito das águas: aspectos legais e institucionais na perspectiva da qualidade.  mbito Jurídico. 2016. Acesso em: 04 de fevereiro de 2019. Disponível em: http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=1738
- Laranjeira, R. (2012) II levantamento nacional de álcool e drogas (LENAD) - 2012. Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia para Políticas Públicas de álcool e Outras Drogas. São Paulo – SP, 2014.
- Locatelli, M. (2011) *Avalia o da presença de antibióticos e drogas ilícitas na bacia do Rio Atibaia*. Tese de doutorado em Química. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Química. Campinas-SP.
- Lourenço, I. (2018) *Análise do decaimento do cloro residual livre com contamina o pontual na rede de distribui o de água do lago norte – DF em situa o de intermitência*. Monografia de projeto final em engenharia ambiental. Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.
- Montagner, C., Vidal, C., Acayaba, R. (2017) Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. *Quim. Nova*, **40**(9), 1094-1110.
- Nascimento, L., Araújo, R., Alvarez, L. (2015) Contaminantes orgânicos emergentes: impactos e solu es para a saúde humana e o meio ambiente. Departamento de Química e Exatas (DQE), Universidade Estadual do Sudeste da Bahia (UESB). Jaquiezinho – BA.
- Pereira, L. (2018) Análise multivariada e espectroscopia no infravermelho aplicadas em análises forenses: drogas e medicamentos. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Exatas. Departamento de Química. Belo Horizonte - MG.
- Pontes, A. (2018) Investiga o de cocaína e benzoilecgonina em águas residuais de Manaus-AM. Universidade Federal do Amazonas. Pró-reitoria de Pesquisa e Pós-gradua o. Programa de Pós-gradua o em Química. Manaus – AM.
- Silva, C., Collins, C. (2011) Aplica es da cromatografia líquida de alta eficiência para o estudo de poluentes orgânicos emergentes. *Química Nova*, **34**(4), 665-676.
- Silva, L, Valente-Ferreira, C. (2017) Contaminantes emergentes e os seus efeitos nos seres vivos. Data do documento: 2017. Disponível em: <https://servicos.toledo.br/repositorio/handle/7574/128>
- Simões, P. (2010) Contribui o para o estudo da presença e remo o de compostos emergentes de filtros de UV em ETAR. Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa. Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente. Lisboa.
- World Drug Report. (2018) *Global overview of drug demand and supply*. United Nations Office on Drugs and Crime. United States Publication, Sales No. E.18.XI.9). 2018.