



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA - UnB
IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS
CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA PRESENÇA DE ANTIBIÓTICOS
EM CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS**

BRASÍLIA, 08 DE DEZEMBRO DE 2017

JÉSSICA OLIVEIRA NEIVA

BRASÍLIA, 08 DE DEZEMBRO DE 2017



JÉSSICA OLIVEIRA NEIVA

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA PRESENÇA DE ANTIBIÓTICOS
EM CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

Monografia apresentada ao curso de graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do Dr. Fernando Fabríz Sodré.

BRASÍLIA - DF, 08 DE DEZEMBRO DE 2017

NEIVA, Jéssica Oliveira.

Influência do uso e ocupação do solo na presença de antibióticos em corpos hídricos superficiais.

Orientação: Fernando Fabriz Sodré

46 páginas.

Projeto final em Ciências Ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2017.

1. Fármacos. – 2. Contaminantes emergentes. – 3. Uso e ocupação do solo. 4. Antibióticos. – 5. Tratamento de Efluentes.

INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA PRESENÇA DE ANTIBIÓTICOS
EM CORPOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS

Jéssica Oliveira Neiva

Orientador: Prof. Dr. Fernando Fabríz Sodré

Brasília - DF, 08 de Dezembro de 2017

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Fernando Fabríz Sodré (Orientador)
Instituto de Química da Universidade de Brasília

Prof. Dr. Jorge Madeira Nogueira (Avaliador)
Departamento de Economia da Universidade de Brasília

*Aos meus irmãos,
pelo inexorável e pleno amor.*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e sempre à Deus pela fé, pela força, pela estabilidade emocional, pelas promessas feitas e Palavras cumpridas.

À toda minha família, por me ensinarem os valores e a caridade.

Aos meus pais, Décio e Ursulina, pelo amor, correção, compreensão e toda a ajuda que me proporcionaram em todas as fases do meu crescimento.

Aos meus irmãos, Priscila, Suellen, Andreia, André e Artur, por todos os incentivos, confiança, compreensão, louças lavadas, lanches e me ouvirem sempre.

Aos meus avós, de sangue e de alma, por tamanha alegria de tê-los, abraça-los e os olhares mais fraternos e compreensivos que posso ter.

Às minhas tias, Ruth, Débora, Jacqueline, Gilma e Roseane, pela compreensão nas minhas ausências, por todo amor que me deram, por toda ajuda e quase sempre acharem saídas onde eu não via mais para onde ir.

Aos meus tios, primos e primas, que sempre compartilharam alegrias e tristezas comigo e procuraram entender não apenas minhas ausências, mas também os meus estresses.

Aos meus pequenos, por estarem sempre me mostrando a simplicidade dessa vida, a pureza de coração e a verdadeira alegria.

À Viviane Porttela, pela amizade, companheirismo no decorrer do curso e em todos os trabalhos em grupo, pelas conversas, anseios e receios compartilhados e edificação na fé. Sou abençoada e agraciada por ter essa amizade. E ao Antônio pelo companheirismo no estágio.

Aos meus irmãos na fé, que sempre guiados por Deus, nunca me permitiram desanimar nessa caminhada.

Aos meus supervisores de estágio, Wesley, Flávio, Wilde e Rodrigo, pelo respeito e me proporcionarem tanto crescimento profissional. Que alegria foi trabalhar com vocês.

Em especial ao meu orientador, Fernando Fabríz Sodré, pela persistência, paciência, conversas e por me ajudado no crescimento profissional e acadêmico com seu exímio conhecimento e sabedoria.

Ao Guilherme, pela ajuda e crescimento juntos.

RESUMO

Contaminantes ambientais emergentes como fármacos e produtos de higiene pessoal tem sido uma das grandes preocupações da comunidade científica. Isso devido às suas concentrações já verificadas nos compartimentos ambientais, ausência ou pouca regulação de seus usos e o conhecimento ainda incipiente sobre seus efeitos na biota. Neste trabalho, foi feito um levantamento bibliográfico dos dados de concentração de antibióticos em corpos hídricos superficiais no Brasil e verificado a relação dessas informações com o uso e ocupação do solo nas respectivas regiões. Em diversos locais foram identificadas concentrações na faixa de μg a ng por litro dos medicamentos. Corpos hídricos que recebem aporte de esgotos, em pontos próximos a hospitais e áreas de criação de gado apresentaram concentrações mais elevadas dos compostos, demonstrando a influência da ocupação do solo, bem como a ineficiência do gerenciamento de águas residuárias. Mesmo quando os efluentes recebem tratamento, os contaminantes não são totalmente removidos. Devido ao interesse recente sobre o assunto, poucos estudos foram feitos no Brasil. Assim, são necessários mais pesquisas sobre a presença e os efeitos desses compostos individualmente no ambiente e na biota, bem como seus efeitos em conjunto, ou seja, em uma mistura. Atividades antrópicas se mostraram fontes difusas e pontuais de contaminação dos corpos hídricos. São necessários investimentos com planejamento em melhores estruturas de coleta de esgotos, tratamentos mais eficientes desses efluentes buscando a remoção desses contaminantes e conscientização da população quanto ao descarte final desses produtos.

Palavras-chaves: Fármacos. Cafeína. Contaminantes emergentes. Uso e ocupação do solo. Antibióticos. Tratamento de Efluentes. Avaliação Ambiental Estratégica.

ABSTRACT

Emerging environmental contaminants such as pharmaceuticals and personal care products have long been a major concern of the scientific community. This is due to its concentrations already verified in the environmental compartments, absence or little regulation of its uses and the still incipient knowledge about their effects on biota. In this work, a bibliographic survey of the antibiotic concentration data on surface water bodies in Brazil was carried out and the relationship of this information with the use and occupation of the soil in the respective regions was verified. Concentrations in the range of g to ng per liter of the drugs were identified in several places. Water bodies receiving sewage supplies near hospitals and livestock areas showed higher concentrations of the compounds, demonstrating the influence of soil occupation as well as inefficiency of wastewater management. Even when effluents are treated, contaminants are not completely removed. Due to recent interest in the subject, few studies have been done in Brazil. Thus, further studies on the presence and effects of these compounds individually on the environment and biota, as well as their effects together, ie on a mixture, are needed. Antropic activities were shown to be diffuse and punctual sources of contamination of water bodies. Investments are required with planning in better sewage collection structures, more efficient treatments of these effluents aiming at the removal of these contaminants and awareness of the population regarding the final disposal of these products.

Keywords: Drugs.Pharmaceutical. Caffeine. Emerging pollutants. Use and occupation of soil. Antibiotics. Wastewater treatment. Strategic Environmental Assessment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Relação entre crescimento populacional e a venda de produtos farmacêuticos ao longo do tempo (Adaptado de Quadra et al. 2016)	13
Figura 2: Origem e destino dos fármacos no ambiente	14
Figura 3. Locais das amostras na Bacia do Rio Atibaia. Setas indicam fluxo da água. Cinza representa Campinas (Adaptado de Locatelli et al, 2011)	19
Figura 4. Locais de amostra no Arroio Dilúvio. Intensidade da cor do corpo hídrico aumenta com a densidade populacional. (Adaptado de Jank et al, 2014)	21
Figura 5. Mapa da Cidade Rio Claro, no estado do Rio de Janeiro. Em destaque o distrito de Lidice. (Adaptado de Rio Claro Geography. 2015 apud Monteiro et al. 2016)	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Concentrações de antibióticos encontrados em águas superficiais no Brasil	24
--	----

LISTA DE ACRÔNIMOS

AAE – Avaliação Ambiental Estratégica

ANA – Agência Nacional de Águas

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

CE – Contaminantes Emergentes

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

MEC – Measured Effect Concentration

PNEC – Predicted Non Effect Concentration

POA – Processos Oxidativos Avançados

PPP – Políticas, Planos e Programas.

Sumário

Introdução	12
Objetivos	17
Antibióticos em águas naturais: Levantamento detalhado dos trabalhos publicados no Brasil .	19
Avaliação dos resultados por grupos de antibióticos	27
Sulfametoxazol e Trimetoprim	27
Amoxicilina	30
Ampicilina	31
Oxitetraciclina	31
Tetraciclina	31
Azitromicina	32
Cefalexina	32
Ciprofloxacina	33
Norfloxacina	33
Considerações sobre Saneamento Básico no país	35
Tipos de Tratamento de Efluentes	36
Possíveis soluções	38
Conclusão	41
Referências Bibliográficas	43

INTRODUÇÃO

Contaminantes emergentes são substâncias ou micro-organismos cuja ocorrência ou relevância no ambiente foram constatados recentemente, sendo que para grande parte dos representantes desta classe possíveis efeitos adversos sob condições ambientais ainda são desconhecidos ou incertos (MATAMOROS ET AL, 2012 apud SANTANA, 2013). Alguns grupos de substâncias que se enquadram nessa classificação são os fármacos e os produtos de higiene pessoal (BARCELÓ, 2003 apud MOREIRA & GONÇALVES, 2013).

O insumo farmacêutico ativo, denominado fármaco, é o componente farmacologicamente ativo destinado ao emprego em medicamentos (ANVISA, 2017). Nos últimos anos tem havido uma crescente preocupação com a presença desses compostos em diversos compartimentos ambientais, já que mesmo sob baixas concentrações ($\mu\text{g/L}$ ou ng/L), podem apresentar efeitos nocivos à biota (EBELE ET AL, 2017).

É relevante a preocupação quanto a presença dessas substâncias no ambiente em virtude de seus possíveis efeitos ecotoxicológicos, bem como sua eventual entrada no alimento humano pelo ciclo da água (MONTEIRO ET AL, 2016). Para grande parte dos contaminantes emergentes, essa inserção no ambiente se dá, notadamente, por meio da excreção humana e animal, pelo descarte inadequado de medicamentos (na rede de esgotamento sanitário, em lixões e aterros controlados) e por meio de efluentes industriais.

Com relação à origem dos fármacos, cabe destacar que o crescimento populacional é um dos fatores mais importantes para o aumento do consumo de

medicamentos. No Brasil, segundo Quadra et al (2016), o consumo e a população aumentam proporcionalmente, como é possível verificar na Figura 1, onde o crescimento populacional brasileiro, relatado em milhões de pessoas por ano, é comparado às vendas de produtos farmacêuticos, em bilhões de caixas vendidas no mesmo período.

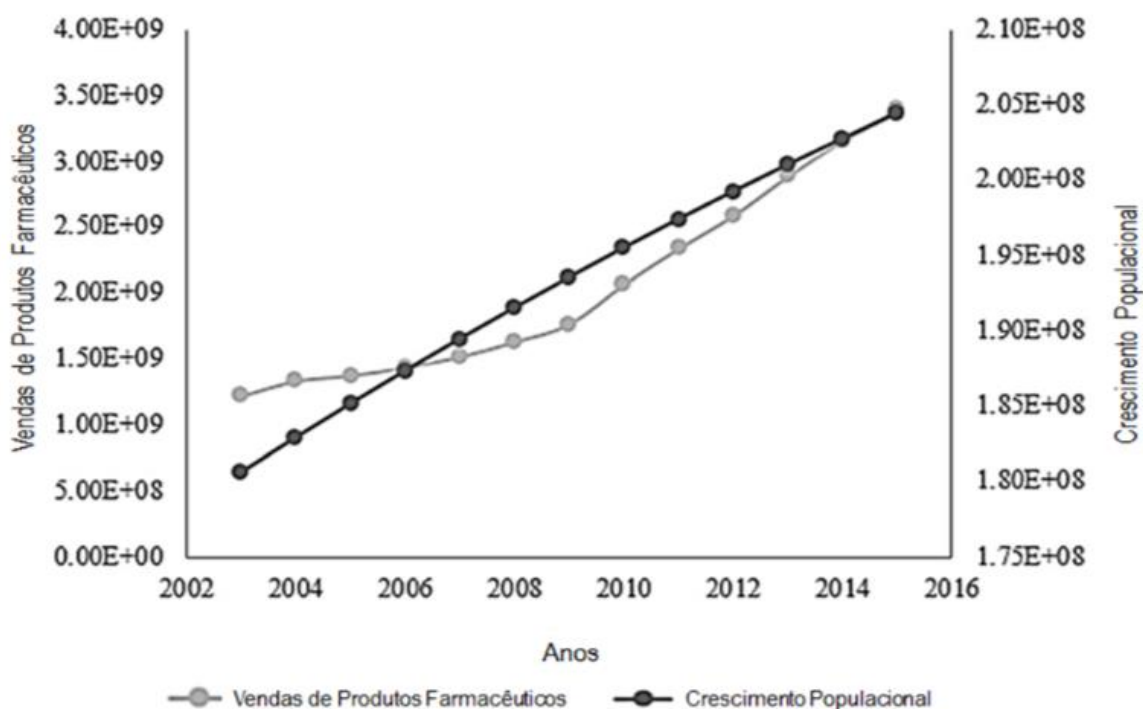


Figura 1. Relação entre crescimento populacional e a venda de produtos farmacêuticos ao longo do tempo (Adaptado de Quadra et al. 2016)

O aumento da população idosa também contribui para o aumento do uso de medicamentos. O sistema imunológico dessa faixa etária da população não funciona tão bem e a ocorrência de doenças crônicas aumenta juntamente com o uso de remédios (LINJAKUMPU ET AL. 2002; TUMMALA ET AL. 2010 apud QUADRA ET AL, 2016).

Finalmente, a automedicação também é um fator que influencia o aumento da produção e do consumo de medicamentos (QUADRA ET AL, 2016), especialmente considerando que no Brasil a venda de medicamentos sem prescrição médica é uma prática comum e ocorre em todo o país (LOCATELLI EL AL, 2011).

Quando se trata de excreção humana, esses compostos deveriam seguir às estações de tratamento de esgotos (CALIMAN E GABRILESCU, 2009) para posteriormente serem removidos pelos processos bioquímicos ali operantes. Na Figura 2 é possível observar os possíveis caminhos pelos quais os fármacos podem chegar aos corpos hídricos e, conseqüentemente, à água destinada ao consumo humano (BILA E DEZOTTI, 2003).

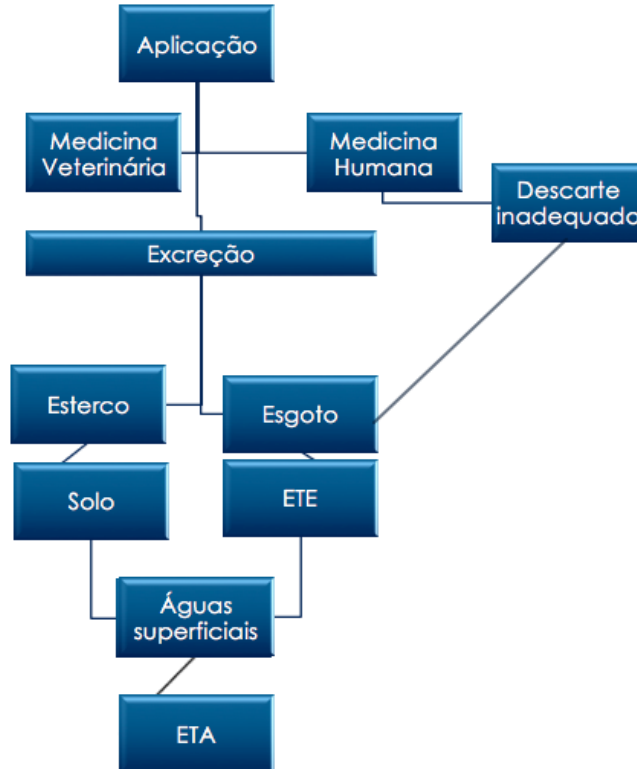


Figura 2. Origem e destino dos fármacos no ambiente.

No Brasil, apenas 50,3% dos municípios possui coleta de esgotos (SNIS, 2015) e esse percentual ainda diminui a respeito do tratamento que esses efluentes recebem. Além disso, segundo Stumpf et al. (1999) estima-se que esgotos domésticos que recebem tratamento com lodo ativado no Brasil podem ter suas concentrações de fármacos reduzidas em uma faixa que varia somente entre 34 e 83%. Desta forma, contaminantes emergentes presentes no esgoto doméstico podem alcançar corpos aquáticos receptores via descarte direto ou mesmo após passarem por etapas pouco eficientes de remoção.

Uma vez no ambiente, qualquer fármaco individual tem três destinos possíveis (RICHARDSON ET AL, 1985 apud BILA E DEZOTTI, 2013):

1. Pode ser biodegradável, mineralizado a gás carbônico e água, como no caso do ácido acetilsalicílico. A presença desses compostos em corpos hídricos indica que seu aporte é constante.
2. Pode ser parcialmente degradado ou passar por algum processo metabólico, como a maioria dos antibióticos (Kümmerer, 2009).
3. Pode ser persistente, como é o caso do clofibrato, um antilipêmico.

Santos et al (2016), comparando a presença de triclosan e parabenos em águas superficiais de diversos países, observaram que países em desenvolvimento, como China e Índia, apresentaram concentrações muito mais elevadas do que em países desenvolvidos devido, principalmente, às condições inadequadas de coleta e tratamento de esgoto. Em Campinas, no estado de São Paulo, cafeína e bisfenol A, dois importantes contaminantes emergentes, foram frequentemente encontrados em amostras de água de

torneira em função da captação de água contaminada pelo lançamento de esgotos (SODRÉ ET AL, 2010).

Uma grande preocupação se dá no desenvolvimento de bactérias resistentes quando expostas à antibióticos (JORGENSEN ET AL, 2000 apud BILA E DEZOTTI, 2003) e perturbações no sistema endócrino de humanos e animais quando expostos a hormônios (TERNES ET AL, 1999 apud BILA E DEZOTTI, 2003). Alguns compostos, a depender do tempo de exposição e das doses, podem estar relacionados com a incidência de alguns tipos de câncer e redução da fertilidade masculina (FOLMAR ET AL, 2000 e CASTRO, 2002 apud BILA E DEZOTTI, 2003).

Em se tratando de águas superficiais, Portela (2017) realizou uma avaliação do risco de fármacos e produtos de higiene pessoal em águas brasileiras com base em dados toxicológicos compilados na literatura (PNEC: *Predicted No Effect Concentration*) e informações sobre os níveis de concentração de vários contaminantes emergentes em águas superficiais (MEC: *Measured Environmental Concentration*). Observou que cerca de 55% das amostras encontraram-se acima dos limites que indicavam risco ambiental e que os fármacos antimicrobianos (popularmente conhecidos como antibióticos) apresentaram a maior preocupação em relação ao risco à biota aquática. Ressaltou ainda que mesmo para amostras nas quais esses compostos apresentavam-se abaixo do limite de quantificação ou detecção poderia existir efeitos adversos aos organismos expostos.

Considerando que os antibióticos são apenas parcialmente removidos nas ETEs, é esperada seu aporte e contaminação em corpos hídricos (AL-AHMAD ET AL, 1999, HIRSCH ET AL 1999, WATKINTON ET AL, 2007 apud LOCATELLI ET AL, 2011). Este é um dos motivos do acelerado desenvolvimento de micróbios resistentes a alguns compostos dessa classe (LOCATELLI ET AL, 2011).

Alguns testes de toxicidade feitos com antibióticos e mostraram que bactérias nitrificantes comuns em ambientes aquáticos, mas também em estações de tratamento de esgotos foram significativamente afetadas (KLAVER AND MATTHEWS, 1994 apud KUMMERER, 2009). Em relação às algas aquáticas essa sensibilidade variou em três ordens de grandeza, sendo o crescimento de *Microcystis aeruginosa* inibido em concentrações inferiores a 0,1 mg/L (HAL-LING-SORENSEN, 2000 apud KUMMERER, 2009).

Segundo o professor Jean-Louis Marty (2011), da Universidade de Perpignan na França, é quimera extinguir esses contaminantes emergentes do ambiente. O professor afirma que o que pode ser feito é a redução da quantidade e número desses compostos rigorosamente por meio do tratamento de efluentes, além de limitar o uso de compostos xenobióticos.

Objetivos

Neste trabalho, por meio de um levantamento bibliográfico, foram buscados na literatura brasileira dados de concentrações de antibióticos, uma importante classe de contaminantes emergentes, em corpos hídricos no Brasil com o objetivo de relacioná-los com o uso e ocupação do solo na bacia, próximo aos pontos de coleta, buscando alguma relação entre tais informações.

Como no Brasil o saneamento básico ainda é precário, é provável que haja concentrações de fármacos mesmo em locais que não recebem aporte de esgotos, devido a poluição difusa. Locais que recebem aporte de esgoto, uma fonte pontual de contaminantes, espera que apresentem concentrações mais elevadas desses contaminantes, dependendo do tipo de tratamento que a ETE possui.

Locais próximos à hospitais devem apresentar concentrações de fármacos mais elevados do que os corpos hídricos que recebem aporte de esgoto tratado, devido ao alto uso presumido desses compostos. Áreas rurais, como não apresentam qualquer tratamento para excreção animal e provável concentração mais elevada de uso, devem apresentar concentrações parecidas com a de efluentes hospitalares.

ANTIBIÓTICOS EM ÁGUAS NATURAIS: LEVANTAMENTO DOS TRABALHOS PUBLICADOS NO BRASIL

Foi feita uma busca por dados de concentração de antibióticos em corpos hídricos superficiais no Brasil. É feita uma revisão dos trabalhos publicados no país com dados dos pontos amostrais e ao final esses dados estão resumidos na Tabela 1 (página 24).

No primeiro trabalho publicado no Brasil envolvendo a ocorrência de antibióticos em águas, Locatelli et al. (2011) verificaram a presença de oito medicamentos desta classe na Bacia do rio Atibaia, no estado de São Paulo. As amostragens foram coletadas considerando a influência da sazonalidade nas concentrações obtidas (período úmido e seco), bem como uma distribuição espacial dos pontos ao longo da Bacia. Os pontos amostrais são mostrados na Figura 3.

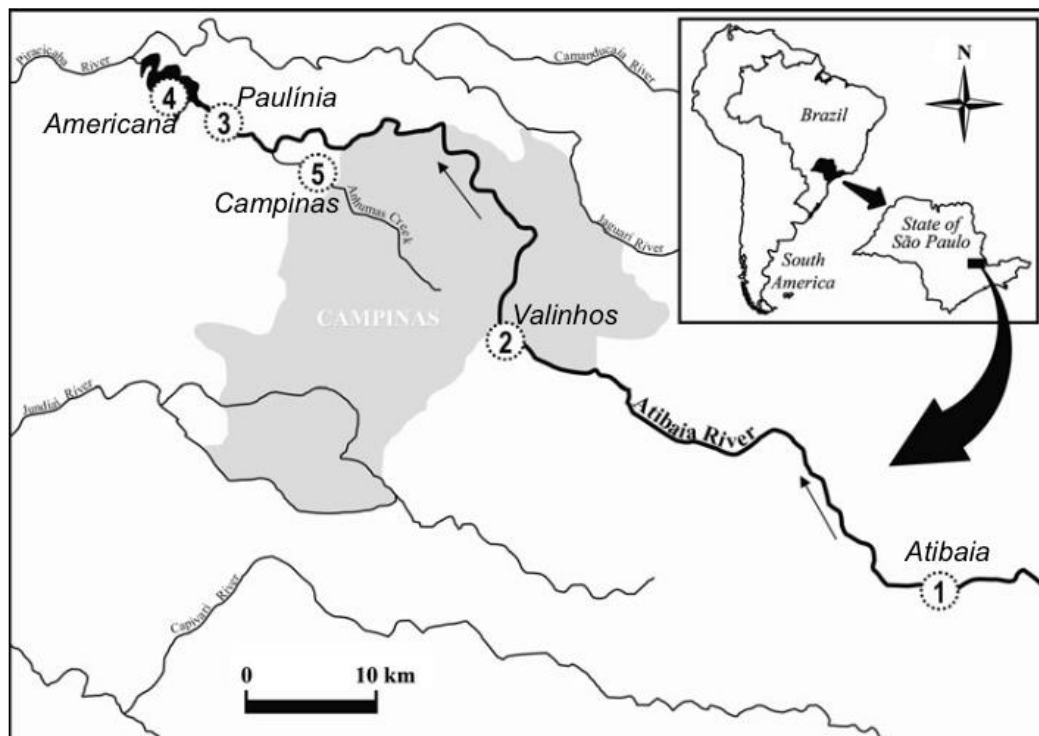


Figura 1. Locais das amostras na Bacia do Rio Atibaia. Setas indicam fluxo da água. Cinza representa Campinas. (Adaptado de Locatelli et al. 2011)

Foram feitas 4 campanhas de amostragem: em maio e julho de 2006 (2ª e 3ª campanhas respectivamente), referentes ao período seco; e em março de 2006 e janeiro de 2007 (1ª e 4ª campanhas, respectivamente), referentes ao período úmido (LOCATELLI ET AL, 2011).

O ponto 1 está localizado no Rio Atibaia no ponto de captação da estação de tratamento de água (ETA) que abastece aproximadamente 100.000 pessoas na cidade de Atibaia, considerado preservado e com qualidade da água comumente boa (LOCATELLI ET AL, 2011). O ponto 2 está localizado no Rio Atibaia, no município de Valinhos, a montante da cidade de Campinas, e no ponto de captação da ETA que abastece aproximadamente 1.000.000 de pessoas da cidade de Campinas. Este trecho do Rio localiza-se à jusante do Ribeirão Pinheiros que recebe aporte de esgoto bruto e tratado da cidade. O ponto 3 está localizado no Rio Atibaia, no município de Paulínia, a jusante da cidade de Campinas, antes do reservatório Salto Grande. O ponto 4 está localizado no reservatório Salto Grande, no município de Americana.

O ponto P5 está localizado em Campinas, no Ribeirão Anhumas que recebe ligações clandestinas de esgoto bruto além de efluentes da ETE Anhumas, responsável por receber 45% do esgoto da cidade (LOCATELLI ET AL, 2011). Conforme o relatório de fiscalização técnica da ARESPCJ, a ETE de Anhumas é do tipo reator anaeróbico de fluxo ascendente. (LOCATELLI ET AL, 2011). Rodrigues et al. (2014) fizeram um estudo da qualidade das águas superficiais na bacia do ribeirão Anhumas, onde um dos pontos amostrados foi a ETE e encontraram uma alta carga orgânica e microbiana. Os autores também destacaram a presença de coliformes fecais em quantidades consideráveis em um ponto a jusante (cerca de 1km) da ETE, mostrando a dificuldade de autodepuração do recurso.

Em outro trabalho publicado mais recentemente, em Porto Alegre, no estado do Rio Grande do Sul, Jank et al. (2014) obtiveram amostras em quatro pontos ao longo do Arroio Dilúvio, na bacia de Guaíba, em fevereiro de 2012, conforme mostra a Figura 4. A área é considerada urbana com mais de 400.000 habitantes (TUCCI, 2001 apud JANK ET AL, 2014).). Foram analisadas as concentrações de diferentes classes de antibióticos, dentre tetraciclina, sulfonamidas, macrolídeos, cefalosporinas e outros (JANK ET AL, 2014).

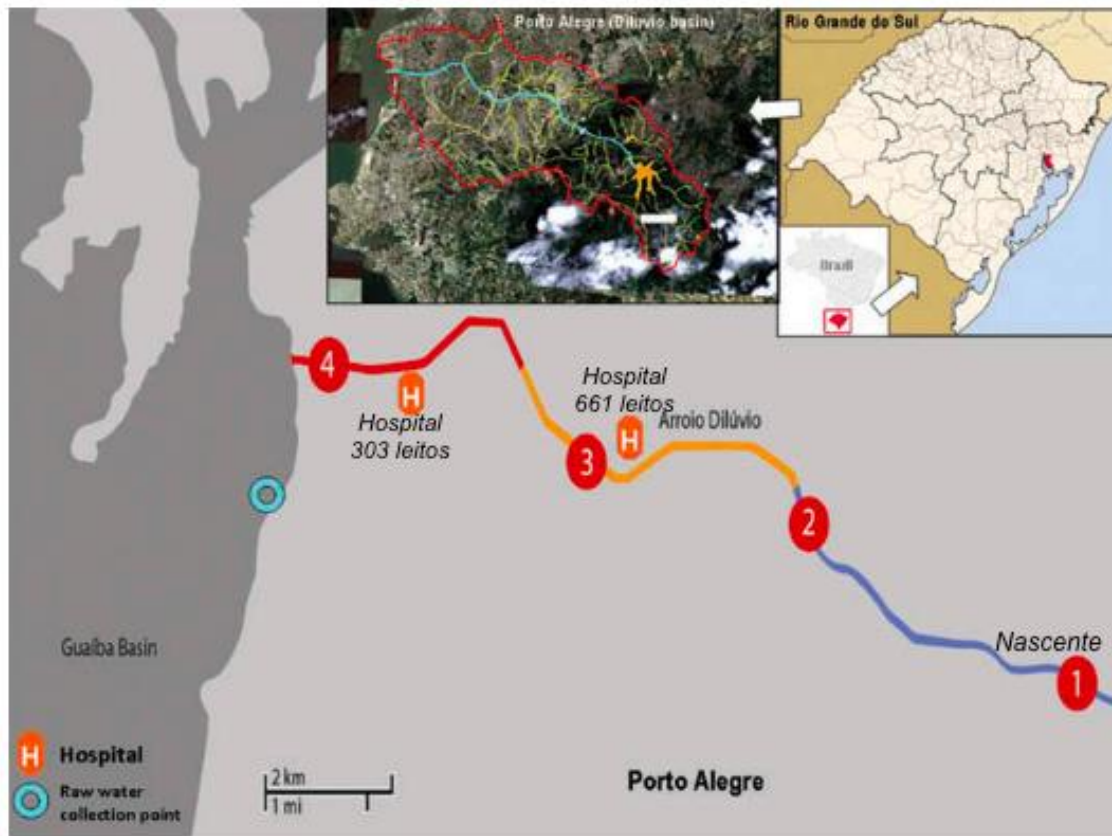


Figura 4. Locais de amostra no Arroio Dilúvio. Intensidade da cor do corpo hídrico aumenta com a densidade populacional. (Adaptado de Jank et al., 2014).

O ponto 1 localiza-se perto da nascente e os outros três pontos encontram-se distribuídos pela área urbana ao longo do corpo hídrico. Estima-se que nessa bacia apenas 50% do esgoto seja coletado corretamente, devido à recente urbanização da área. Na região também existem conexões ilegais de esgoto com sistema de captação de águas pluviais. A jusante do ponto amostral 3 há um hospital com capacidade de 661 leitos. Enquanto que a jusante do ponto 4 há outro com capacidade de 303 leitos (JANK ET AL, 2014).

No trabalho mais recente publicado na literatura sobre o tema, Monteiro et al. (2016) fizeram um estudo no distrito de Lidice, no município de Rio Claro – Rio de Janeiro (Figura 5). A região é caracterizada pela produção animal e destaca-se o uso de antibióticos para fins terapêuticos, profiláticos e como promotores de crescimento (SPISSO ET AL, 2007 apud MONTEIRO ET AL, 2016).



Figura 5. Mapa da Cidade Rio Claro, no estado do Rio de Janeiro. Em destaque o distrito de Lidice. (Adaptado de Rio Claro Geography, 2015 apud Monteiro et al, 2016)

As coletas das amostragens foram feitas em três domingos consecutivos do mês de agosto de 2014, no período da manhã e da tarde, em dois rios da região e em dois pontos amostrais de cada rio com o objetivo de determinar 14 fármacos das classes de sulfonamidas e tetraciclinas (MONTEIRO ET AL, 2016).

Na região, acredita-se que o produto de excreção dos animais em pastejo pode atingir o ambiente diretamente ou mesmo indiretamente pelo uso do esterco animal no solo, sendo os compostos carregados até os corpos hídricos (BLACKWELL ET AL, 2007 apud REGITANO & LEGAL, 2010). Até 95% dos compostos ativos dos medicamentos administrados nos animais podem ser eliminados sem serem metabolizados no trato digestivo dos mesmos (SARMAH ET AL, 2006 apud REGITANO & LEGAL, 2010). E mesmo quando metabolizada, seus produtos de degradação podem ser bioativos (THIELE-BRUHN, 2003 apud REGITANO & LEGAL, 2010)

Tabela 1. Concentrações de antibióticos encontrados em águas superficiais no Brasil. NI: Não Informado.

Antibióticos						
Composto	Local	Ponto	Sazonalidade	Concentração (ng/L)	Referências	
Amoxicilina	Paulínia	A jusante de Campinas	Período seco	4	Locatelli et al. 2011	
	Americana	Reservatório Salto Grande	Período úmido	5,4		
	Atibaia	ETA, ponto de captação	Período seco	8,9		
	Valinhos	ETA, recebe água de Pinheiros	Período seco	17		
	Campinas	Ribeirão Anhumas	Período seco	1.284		
Azitromicina	Porto Alegre/ Área Urbana	Jusante Hospital 303 leitões	Verão (Fev/2012)	23,7	Jank et al. 2014.	
		Jusante Hospital 661 leitões	Verão (Fev/2012)	39,7		
Cefalexina	Atibaia	ETA, ponto de captação	Período úmido	4,6	Locatelli et al. 2011	
			Período seco	26		
	Paulínia	A jusante de Campinas	Período seco	28		
	Valinhos	ETA, recebe água de Pinheiros	Período seco	29		
	Campinas	Ribeirão Anhumas	Período úmido	133		
	Campinas	Ribeirão Anhumas	Período seco	2.422		
Ciprofloxacina	Atibaia	ETA, ponto de captação	Período seco	0,6	Locatelli et al. 2011	
	Paulínia	A jusante de Campinas	Período seco	1,1		
	Valinhos	ETA, recebe água de Pinheiros	Período seco	2,5		
	Campinas	Ribeirão Anhumas	Período seco	119		
	Porto Alegre/ Área Urbana		Arroio Dilúvio	Verão (Fev/2012)	15,7	Jank et al. 2014
			Jusante Hospital 303 leitões	Verão (Fev/2012)	33,7	
		Jusante Hospital 661 leitões	Verão (Fev/2012)	66,1		

Antibióticos						
Composto	Local	Ponto	Sazonalidade	Concentração (ng/L)	Referências	
Norfloxacina	Atibaia	ETA, ponto de captação	Período seco	0,5	Locatelli et al. 2011	
	Paulínia	A jusante de Campinas	Período seco	0,7		
	Americana	Reservatório Salto Grande	Período úmido	1,5		
	Valinhos	ETA, recebe água de Pinheiros	Período seco	2,2		
	Campinas	Ribeirão Anhumas	Período seco	51		
	Porto Alegre	Arroio Dilúvio	Verão (Fev/2012)	29,9		Jank et al. 2014
	Área urbana	Jusante Hospital 303 leitos	Verão (Fev/2012)	37,7		
		Jusante Hospital 661 leitos	Verão (Fev/2012)	54,4		
Oxitetraciclina	Rio Claro/ Área Rural	Rio Pedras/ Área de produção Animal	Período seco (Agosto)	44,1	Monteiro et al. 2016	
Tetraciclina	Americana	Reservatório Salto Grande	Período úmido	11	Locatelli et al. 2011	
Sulfametoxazol	Atibaia	ETA, ponto de captação	Período seco	1,8	Locatelli et al. 2011	
	Paulínia	A jusante de Campinas	Período seco	1,1		
	Valinhos	ETA, recebe água de Pinheiros	Período seco	1,4		
	Campinas	Ribeirão Anhumas	Período seco	106		
	Porto Alegre	Arroio Dilúvio	Verão (Fev/2012)	427		Jank et al. 2014
	Área urbana	Jusante Hospital 303 leitos	Verão (Fev/2012)	376		
			Jusante Hospital 661 leitos	Verão (Fev/2012)		572
	Rio Claro/ Área Rural	Rio Pedras/ Área de produção Animal	Período seco (Agosto)	467	Monteiro et al. 2016	

Antibióticos					
Composto	Local	Ponto	Sazonalidade	Concentração (ng/L)	Referências
Trimetoprim	Atibaia	ETA, ponto de captação	Período úmido	2,3	Locatelli et al. 2011
			Período seco	3,5	
	Paulínia	A jusante de Campinas	Período seco	6,3	
	Americana	Reservatório Salto Grande	Período úmido	2,3	
	Valinhos	ETA, recebe água de Pinheiros	Período seco	6,9	
	Campinas	Ribeirão Anhumas	Período seco	484	
	Porto Alegre/ Área urbana	Arroio Dilúvio	Verão (Fev/2012)	27,2	Jank et al. 2014
		Jusante Hospital 303 leitos	Verão (Fev/2012)	65,1	
		Jusante Hospital 661 leitos	Verão (Fev/2012)	93,7	

Os dados de concentração serão relacionados com uso e ocupação do solo próximo ao ponto coletado buscando uma associação com as atividades antrópicas ali realizadas. Dados com concentrações consideravelmente mais elevadas foram relacionadas com fontes pontuais e difusas de contaminação. A sazonalidade também apresentou sua influência nas concentrações das substâncias.

AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS POR GRUPOS DE ANTIBIÓTICOS

Sulfametoxazol e Trimetoprim

Trimetoprim e Sulfametoxazol são antibióticos comumente usados em conjunto, recebendo o nome de cotrimoxazol. Suas ações são cooperativas no organismo atuando em fases diferentes no metabolismo do ácido fólico (ANVISA, 2017b). São utilizados em pacientes HIV positivo com infecção por *Pneumocystis carinii* e em pacientes com infecções no trato urinário (GUIMARÃES ET AL, 2010).

As concentrações dos dois compostos na bacia do rio Atibaia, São Paulo, se mostraram fortemente influenciadas pelo uso e ocupação do solo, bem como pela sazonalidade. O sulfametoxazol foi detectado apenas na estação seca por Locatelli et al (2010) na Bacia do rio Atibaia, onde suas concentrações mais baixas foram inferiores a 2 ng/L, mostrando a influência do período seco. Isso ocorre, provavelmente, porque as fontes de contaminação são constantes e a chuva provoca a diluição dos compostos. No período seco a vazão de água diminui e a contaminação se torna mais evidente.

A urbanização acarreta mudança na drenagem de águas pluviais, levando a um aumento no volume de águas de escoamento superficial, levando ao aumento do nível de água nos reservatórios e diluição de substâncias contaminantes, e diminuição na infiltração. No Brasil, a poluição urbana resulta na deterioração da água bruta de corpos aquáticos a jusante de centros urbanos (SODRÉ, 2012). Esse escoamento superficial de áreas urbanas pode carregar diversas substâncias poluentes (MOILLERON ET AL, 2002; REVITT ET AL, 2002; MALMON ET AL, 2003 apud SODRÉ, 2012).

Águas de drenagem urbana tem sido investigada por apresentarem concentrações elevadas de metais potencialmente tóxicos (DAVIS ET AL, 2001; PRESTES ET AL, 2006 apud SODRÉ, 2012). Outros estudos revelaram contaminação por poluentes orgânicos persistentes de águas superficiais por meio do escoamento superficial (GRYNKIEWICZ ET AL, 2002 apud SODRÉ, 2012).

No ponto coletado no ribeirão Anhumas, sua concentração foi de 106 ng/L, mostrando a influência do aporte de esgoto no local (LOCATELLI ET AL, 2010). O uso do solo na região do ponto amostral é caracterizado por uma ampla área de atividade agrícola, aterro controlado em vala, cemitério municipal, indústrias de processamento e, principalmente, aporte de esgoto bruto da ETE ali localizada (RODRIGUES ET AL, 2014), responsável pelo tratamento de 45% do esgoto da cidade de Campinas.

Apesar de todos esses usos na região, Rodrigues et al (2014), através de análise físico-química do corpo hídrico em diversos pontos da bacia, identificaram contaminação apenas nos pontos próximos à ETE e a jusante da mesma, com base nos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA 357/2005.

Jank et al (2014) em seu estudo na bacia de Guaíba, mais especificamente no Arroio Dilúvio, encontrou concentrações mais elevadas de sulfametoxazol, variando de 376 a 572 ng/L em três pontos amostrais, sendo dois deles a jusante de hospitais da região. Essa é uma provável causa das altas concentrações do composto pelo alto consumo presumível nesses estabelecimentos próximos aos pontos analisados.

Águas residuais hospitalares são notáveis fontes de poluição ambiental por compostos farmacêuticos, principalmente devido a seu sistema de tratamento ineficiente. Os efluentes domésticos apresentam alta carga orgânica e microbiana, com a concentração de fármacos reduzida quando comparada à efluentes hospitalares.

Em Rio Claro, município do estado do Rio de Janeiro, o sulfametoxazol foi encontrado com concentração de 467 ng/L na água do Rio Pedras. A região rural de Lidice no referido município é conhecida pela produção animal, que usa medicamentos veterinários com propósitos terapêuticos e profiláticos para garantir sua competitividade no mercado (MONTEIRO ET AL, 2016).

ETEs, tanto hospitalares quanto domésticos, são consideradas fontes pontuais de contaminação, devido à sua característica de que podem ser identificadas e à possibilidade de estabelecer ações corretivas e/ou punitivas. Áreas agrícolas ou de produção animal podem ser consideradas difusas, porque sua origem não é facilmente identificada (SODRÉ, 2012).

O trimetoprim apresentou um padrão de comportamento bem parecido com o sulfametoxazol, com concentrações mais elevadas na bacia de Guaíba, em Porto Alegre, e no ribeirão Anhumas, em Campinas, atingindo 93,7 e 484 ng/L respectivamente.

Entretanto, este composto foi detectado no período úmido na bacia do rio Atibaia no ponto de captação da Estação de Tratamento de Água que abastece a cidade de Atibaia e no reservatório Salto Grande (LOCATELLI ET AL, 2011). Tais concentração indicam uma fonte difusa de poluição na região.

As concentrações de sulfametoxazol foram menores quando comparadas às de trimetoprim em quase todos os estudos, exceto na bacia de Guaíba. Jank et al. (2014) explica as mais elevadas concentrações de sulfametoxazol nessa região devido ao seu metabolismo não ser completo nos organismos, ou seja, parte do que é ingerido acaba sendo excretado sem qualquer alteração.

Na Alemanha, o trimetoprim em águas superficiais apresentou concentrações médias variando de 71 a 200 ng/L (Regitano & Leal, 2010 apud Christian et al, 2003;

Hirsch et al, 2009). Enquanto o sulfametoxazol foi identificado em 98 a 479 ng/L sob as mesmas condições. Nos EUA, o sulfametoxazol apresentou concentrações médias variando de 220 a 1.020 ng/L em águas superficiais (Regitano & Leal, 2010 apud Lindsey et al, 2001).

Para alguns compostos, as concentrações em águas superficiais estão próximas quando comparadas a países considerados desenvolvidos. Mas a maioria dos casos é possível observar que o Brasil e outros países em desenvolvimento apresentam concentrações mais elevadas, devido ao sistema precário de coleta e tratamento de esgotos.

Amoxicilina

Em 2005 o consumo de amoxicilina acumulou 390 toneladas, sendo o mais consumido no país (ANVISA, 2006 apud LOCATELLI ET AL, 2011). Na bacia do rio Atibaia, o composto foi quantificado em todos os pontos amostrais, mas em diferentes sazonalidades. Sua maior concentração no período seco foi de 17 ng/L em um ponto a jusante do rio Pinheiros, que recebe aporte de esgoto (LOCATELLI ET AL, 2011), nos outros pontos nesse período valor de 4 a 8,9 ng/L.

No período chuvoso foi encontrado em concentração elevado no ribeirão Anhumas, sendo 1.284 ng/L (LOCATELLI ET AL, 2011).

Importante observar que apesar da concentração do referido fármaco atingir a dimensão de $\mu\text{g/L}$, no período seco não foi detectado no mesmo ponto amostral. Enquanto que nos outros pontos, a concentração no período seco foi mais elevada que no úmido.

No noroeste da Alemanha, foram verificadas concentrações médias abaixo de 10 ng/L desse composto em águas superficiais (Regitano & Leal, 2010 apud Christian et al, 2003).

Ampicilina

Ampicilina foi analisada por Locateli et al (2011) na bacia do rio Atibaia, mas foi detectada apenas abaixo do limite de quantificação em três pontos amostrais.

Oxitetraciclina

Monteiro et al (2016) também analisou a presença de oxitetraciclina na região rural de Lidice, município de Rio Claro, no estado do Rio de Janeiro, e identificou a concentração de 44,1 ng/L. O referido composto é amplamente utilizado na veterinária e esse local é conhecido pela produção animal, o que justifica a alta concentração do composto em água superficial.

Segundo Regitano et al (2010) o grupo das tetraciclinas apresentam altos coeficientes de sorção, sendo considerados imóveis no solo. Sendo o composto primeiramente excretado no solo pelo gado para então ser escoado superficialmente pela água pluvial até o rio, é provável que a contaminação do solo já tenha atingido níveis bem mais altos.

Tetraciclina

Locatelli et al (2011) quantificou a tetraciclina em apenas um dos cinco pontos estudados na bacia do rio Atibaia, que foi na cidade Americana, no reservatório Salto Grande. A concentração foi de 11 ng/L no período chuvoso, indicando uma fonte difusa

de contaminação. O composto também foi identificado em outros dois pontos no mesmo período, porém abaixo do limite de quantificação do estudo (2,5 ng/L).

É possível observar que o grupo das tetraciclinas mostraram forte correspondência com o uso do solo próximo aos pontos de coleta e o tratamento, ineficiente ou inexistente, de efluentes. Suas concentrações se devem às fontes difusas.

Essa substância foi quantificada em águas superficiais nos EUA em concentrações médias variando de 70 a 1.340 ng/L. (Regitano & Leal, 2010 apud Lindsey et al, 2001). Na Inglaterra foi identificada em águas de escoamento superficial em concentrações médias de 71.700 ng/L (Regitano & Leal, 2010 apud Kay et al, 2005).

Azitromicina

Azitromicina foi estudada por Jank et al (2014) em Porto alegre e foi identificada em concentrações de 23,7 ng/L em um ponto a jusante de um hospital com 303 leitos e 39,7 ng/L a jusante de um hospital com 661 leitos. Tais relações mostram precariedade no tratamento de efluentes de hospitais na área, visto que o maior a capacidade do hospital e internações, maior a concentração do composto no corpo hídrico.

No noroeste da Alemanha, as concentrações médias desse composto em águas superficiais foram de 13 ng/L (CHRISTIAN ET AL, 2003 apud REGITANO &LEAL, 2010).

Cefalexina

Na bacia do rio Atibaia, Locatelli et al (2011) obteve valores da concentração de cefalexina que mostram uma forte relação com a sazonalidade. Além dessas duas relações, a alta concentração apresentada na cidade de Campinas, se deve ao ponto

amostral ser no ribeirão Anhumas, que recebe altas descargas de esgoto (LOCATELLI ET AL, 2011).

Ciprofloxacina

Campinas apresentou maiores concentrações do composto ciprofloxacina. Tal fato se deve provavelmente ao aporte de esgoto no referido corpo aquático do ponto amostral, o ribeirão Anhumas (LOCATELLI ET AL, 2011).

É possível observar também que as concentrações na cidade de Porto Alegre aumentaram de acordo com o uso do solo. Nos pontos amostrais a jusante de hospitais, as concentrações aumentaram significativamente, mostrando que é possível que os efluentes desses locais estejam afetando as concentrações do fármaco estudado no corpo hídrico (JANK ET AL, 2014).

Esse composto apresentou concentrações médias de 5 ng/L no noroeste da Alemanha, em amostras de água superficial (CHRISTIAN ET AL, 2003 apud REGITANO &LEAL, 2010).

Norfloxacina

Norfloxacina também apresentou relação o uso do solo nas regiões em que foram quantificados.

Na bacia do rio Atibaia, no período seco, a concentração do composto aumentou gradativamente ao longo do curso do rio, observando que no Ribeirão Anhumas, que recebe grandes cargas de esgoto, sua concentração foi mais elevada (LOCATELLI ET AL, 2011).

E em Valinhos, a jusante do ribeirão Pinheiros, este último recebe aporte de esgoto, foi um pouco mais elevada que os demais pontos (LOCATELLI ET AL, 2011)

No período chuvoso, o composto foi quantificado na cidade de Americana (LOCALTELLI ET AL, 2011), mas não foi medido no período seco, tornando difícil a comparação quanto a sazonalidade no ponto amostral. Levando em consideração que na época chuvosa foi o único ponto amostral possível de quantificar, essa concentração pode ter origem em uma fonte difusa de contaminação.

Já no estudo feito por Jank et al (2014), é possível observar que a concentração de norfloxacin aumenta de acordo com o uso do solo. As concentrações aumentam nos pontos a jusantes aos hospitais. E o hospital com mais leitos teve seu ponto amostral com a maior concentração do composto.

CONSIDERAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO BÁSICO NO PAÍS

Uma vez estabelecido que o lançamento de esgotos, seja ele bruto ou tratado, configura a principal causa do aparecimento de antibióticos em águas superficiais, notadamente em meios urbanos, é necessário conhecer o cenário atual referente às questões de saneamento básico no País. Neste sentido, a Lei Federal nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, estabeleceu diretrizes nacionais para o saneamento básico e definindo-o como o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais para abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, drenagem e manejo de águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas.

Essa lei fornece o princípio da universalização dos serviços de saneamento básico, buscando um abastecimento de água de qualidade a todos em quantidades que atendam suas necessidades, de um serviço eficiente de coleta e tratamento de esgoto e resíduos sólidos, além do manejo de águas das chuvas. Segundo a lei, a União deve elaborar o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) orientando ações e investimentos do governo federal, publicado em 2014 pelo grupo de trabalho responsável.

Leoneti et al (2010) afirmam que o tratamento do esgoto sanitário como forma do investimento em saneamento básico é uma solução à preservação das águas que são necessárias às atividades humanas, as quais tem crescido a demanda, mas a oferta não aumentou.

A União é responsável pela maior parte dos investimentos em saneamento básico com a atuação de vários ministérios de forma coordenada e divisão das

responsabilidades, por meio de apoio aos municípios, definição de padrões de qualidade da água, gestão no uso das águas, instituição de programas nacionais, instalação de cisternas, entre outros (TRATA BRASIL, 2012).

Os governos estaduais, através de suas companhias, prestam serviços de abastecimento de água e coleta e tratamento de esgotos. Os municípios são responsáveis pelo Plano Municipal de Saneamento e inclusão da comunidade em sua discussão (TRATA BRASIL, 2012).

Segundo o Ministério das Cidades, entre 2003 e 2006 o governo federal investiu cerca de R\$ 1,57 bilhão ao ano com saneamento. Em 2007, com o início do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) para o saneamento esse valor passou para R\$ 7,14 bilhões ao ano. Entre 2005 e 2015, como resultados dos investimentos federais, a porcentagem de municípios atendidos com coleta de esgoto subiu de 39,5% para 50,3% (TRATA BRASIL, 2012).

Conforme ressalta o Instituto Trata Brasil (2017), a falta de tratamento de esgoto é um dos maiores problemas do saneamento básico no país. O volume de esgoto tratado representa apenas 38% do total de água consumida no ano de 2015, ou seja, dois terços da água distribuída pelas operadoras de abastecimento volta ao meio ambiente sem qualquer tipo de tratamento. Dessa forma, o impacto ambiental é imenso, afetando a qualidade dos recursos naturais para o desenvolvimento de ecossistemas, mananciais para abastecimento humano, entre outros (TRATA BRASIL, 2012).

Tipos de Tratamentos de Efluentes

Nas ETEs, os influentes passam por tratamentos para remoção de sua carga poluidora. Esses tratamentos se diferem entre si pelos custos e taxa de eficiência na remoção dos poluentes (TRATA BRASIL, 2012).

No tratamento preliminar é feita a separação dos sólidos mais grosseiros, pode ocorrer pelos processos de gradeamento, desarenamento e desengorduramento. Depois dessa fase apresenta um aspecto melhor, mas mantém suas cargas poluidoras (TRATA BRASIL, 2012).

No tratamento primário ocorre a sedimentação, onde a matéria poluente é separada da água. Pode ocorrer com auxílio de agentes químicos que, pela coagulação e/ou floculação, leva a formação de flocos de matéria poluente facilmente decantáveis. Sua eficiência pode chegar a 60% (TRATA BRASIL, 2012).

O tratamento secundário usa de micro-organismos aeróbicos para consumirem a matéria orgânica nos reatores biológicos, é um processo do tipo lodo ativado ou filtro biológico. Esses micro-organismos permanecem no esgoto saído e são removidos por sedimentação em decantadores secundários. Sua eficiência pode chegar a 95%.

Stumpf et al. (1999) analisaram a taxa de remoção de onze medicamentos e dois metabólitos em uma ETE no Rio de Janeiro que inclui tratamento com lodo ativado e filtro biológico (tratamentos secundários) por meio da verificação das concentrações dos compostos no esgoto bruto e águas residuais tratadas.

A taxa de remoção pelo filtro biológico variou de 6% a 71%. O lodo ativado apresentou uma variação de 34% a 85% da remoção das mesmas substâncias, se mostrando mais eficiente na remoção desses compostos (STUMPF ET AL, 1999). Nenhum dos tratamentos de efluentes investigados foi capaz de remover completamente qualquer composto.

O processo de tratamento terciário consiste na desinfecção das águas residuais para a eliminação de espécimes patogénos, por meio da cloração, biorreatores com membranas e processos oxidativos avançados (POA), como a ozonização, ou de determinados nutrientes que podem levar a eutrofização de corpos hídricos por meio dos métodos de desnitrificação e precipitação química (TRATA BRASIL, 2012).

POA, segundo Tambosi (2008), apresentam altas taxas de remoção dos fármacos. A ozonização apresentou formação de produtos de degradação com desconhecidas polaridade e toxicidade. Já o uso do carvão ativado apresentou uma eficiência maior que 90% na remoção desses contaminantes.

Possíveis soluções

Tendo como base os resultados do presente trabalho, que demonstraram a influência do aporte de esgoto em corpos hídricos superficiais na presença de antibióticos e seus efeitos na biota e ecossistemas, cabe aqui propor uma alternativa a problemática. Inicialmente, é preciso investimento em sistemas de coleta e tratamento de esgotos domésticos e industriais. Em especial, investimento em tecnologias para remoção de fármacos, não apenas antibióticos, de esgotos hospitalares.

Esse emprego do capital não ocorre de forma ampla, por ser um investimento de médio a longo prazo. Seu tempo de implementação e a dificuldade de ser mostrada por políticos eleitos à população fazem dessa aplicação pouco atrativa. Apesar de proporcionar qualidade de vida e saúde, seus resultados não são imediatos.

São necessários regulamentações referentes aos tratamentos que os esgotos devem receber de acordo com a bacia, a vazão e a classificação do corpo hídrico conforme seu uso. Se aquela água pode vir a ser usada para abastecimento humano e,

atualmente, recebe aporte de esgotos, esse efluente deve ser tratado de forma que sua água residuária não leve contaminação com qualquer substância para o local. Tendo por objetivo o abastecimento humano e as alterações que podem ser causadas naquele ecossistema.

Diante do exposto, é necessário um planejamento dentro de todos os níveis de governo, União, estados e municípios, para analisar a aplicabilidade da implementação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos. Um planejamento que inclua a bacia como unidade básica, as interferências que ocorrerão a partir das obras e os tratamentos necessários para que seus impactos no corpo hídrico sejam mínimos.

A Avaliação Ambiental Estratégica é um instrumento que permite fazer um diagnóstico e prognóstico de uma região que seja objeto de uma política, plano ou programa (PPP). Assim, é possível haver uma articulação dessas PPPs considerando as questões ambientais relacionadas à implementação (NOGUEIRA E ARAÚJO, 2013).

Um AAE, pela sua definição, identificaria os impactos ambientais negativos que uma PPP pode vir a causar. No caso do saneamento, podemos destacar a poluição e contaminação de bacias hidrográficas pelo aporte de esgoto não tratado. Identificado esse impacto, o mesmo poderia ser evitado, incluindo um sistema de tratamento de efluentes onde as águas residuárias causariam uma menor degradação do meio, proporcionando uma melhor qualidade de vida à população.

Sendo essa contaminação algo já existente e confirmada, como é verificado nos dados desse estudo, o AAE poderia elevar sua preocupação à despoluição dessas bacias, em especial aos que poderiam vir a ser usados para abastecimento humano. Uma ação integrada dos entes políticos da administração pública geraria mais qualidade de vida para a população e uma melhora na saúde da mesma.

Outra questão importante que poderia ser abordado em uma PPP é o investimento em tecnologias de remoção desses contaminantes emergentes dos efluentes. Fontes pontuais com altas cargas dos CE precisam de uma atenção especial que é o caso dos esgotos hospitalares. O volume de fármacos presente nesse tipo de efluente é consideravelmente maior do que dos efluentes domésticos e, por esse motivo, necessitam de um tratamento mais eficiente na remoção desses contaminantes.

Por último, a população precisa ser orientada de forma a descartar corretamente seus medicamentos. Uma política de logística reversa seria ideal nesse caso, onde o fabricante seria o responsável pelo descarte final desses resíduos e o consumidor o depositaria em um coletor específico para esse fim.

CONCLUSÕES

As concentrações de antibióticos apresentaram grandes variações. A ocupação e uso da bacia, a proximidade com hospitais, o aporte de esgotos - tratados ou não - e a pecuária mostraram ser as causas das concentrações mais elevadas nas bacias em que foram quantificadas, os dois primeiros são fontes pontuais, enquanto o último, uma fonte difusa. A ausência de um sistema de coleta e tratamento de esgotos nas áreas urbanas é um agravante.

Regulamentos a fim de proteger a saúde humana e ambiental são demandados, além de estruturas de saneamento eficientes. Visto que, mesmo em baixas concentrações, esses compostos causam efeito na biota e podem vir a prejudicar o funcionamento de um ecossistema.

Mais preocupante ainda é a combinação desses CE e seus efeitos, ainda desconhecidos, nos diferentes organismos. Na cidade de Campinas - SP, foram verificadas concentrações de cafeína e bisfenol A similares às concentrações médias de efluentes de estações de tratamento de esgoto em outros lugares. Mostrando que esses contaminantes também não são eficientemente removidos nas ETAs.

Em países em desenvolvimento, como o Brasil, é necessário investimento em saneamento básico, mais especificamente em coleta e tratamento de esgotos, elevando o índice de tratamento desses rejeitos. Uma solução complementar é o investimento em tecnologia de remoção de fármacos nas ETEs e ETAs.

Para que os efluentes domésticos e cheguem aos corpos hídricos com o mínimo possível de concentração de fármacos, é necessário investir na conscientização da

população no descarte dessas substâncias, implantando a logística reversa como obrigatória aos fabricantes e campanhas educacionais.

Todas essas medidas de remoção desses compostos do ambiente são importantes não apenas para uma melhora da saúde da população, mas também para o ambiente, em especial comunidades aquáticas.

Importante mencionar que são poucos os dados referentes a concentração de fármacos em corpos hídricos no Brasil. São necessárias mais pesquisas para identificar tais contaminantes, seus efeitos na biota e na saúde humana e formas de minimizá-los. É preciso ampliar o diagnóstico para a presença desses contaminantes para identificar outras fontes e comparar com outras regiões do Brasil e do mundo.

O AAE é um instrumento importante que pode ser utilizado para minimizar os impactos das fontes pontuais de contaminação e, ainda, para despoluição de bacias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agência Nacional de Águas – ANA. Portal da Qualidade das Águas. **Indicadores de qualidade – índice de Qualidade das Águas – IQA**. Disponível em: < <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx> > Acesso em 08 de setembro de 2017.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária. - ANVISA **Conceitos e Definições**. (2017a). Disponível em: < <http://portal.anvisa.gov.br/conceitos-e-definicoes7> > Acesso em 31 de agosto de 2017.
- Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA **Antimicrobianos – Base teórica e uso clínico**. (2017b). Disponível em: < http://www.anvisa.gov.br/servicosade/controle/rede_rm/cursos/rm_controle/opas_web/modulo1/sulfonamidas2.htm> Acesso em 23 de outubro de 2017.
- BILA, D. M., DEZOTTI, M. **Fármacos no meio ambiente**. Quim. Nova, Vol. 26, No. 4, 523-530, 2003.
- CALIMAN, F. A.; GAVRILESCU M. **Pharmaceuticals, personal care products and endocrine disrupting agents in the environment – a review**. CLEAN – Soil, Air, Water. v.37, p. 277-303, 2009.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. **Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. Série Relatórios, Apêndice A. Qualidade das águas no interior de São Paulo, 2009. Disponível em: < <http://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/32/2013/11/variaveis.pdf> > Acesso em 05 de setembro de 2017.
- EBELE, A. J. et al. **Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment**. Emerging Contaminants 3 (2017) 1-16.
- FERREIRA, A.P. **Caffeine as an environmental indicator for assessing urban aquatic ecosystems**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, 21(6):1884-1892, nov-dez, 2005.
- GUIMARAES, DO. et al. **Antibióticos: importância terapêutica e perspectivas para a descoberta e desenvolvimento de novos agentes**. Quím. Nova, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 667-679, 2010 .
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **IBGE Cidades** – . Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/v4> > Acesso em: 12 de setembro de 2017.
- JANK et al. **Simultaneous determination of eight antibiotics from distinct classes in surface and wastewater samples by solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography–electrospray ionisation mass spectrometry**. Intern. J. Environ. Anal. Chem.v. 94, n.10, p.1013–1037, 2014.
- Kümmerer, K., 2009. **Antibiotics in the aquatic environment – a review – Part I**. Chemosphere 75, 417–434.

- Lei de Diretrizes Nacionais do Saneamento Básico. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm > Acesso em 30 de agosto de 2017.
- LEONETI, AL et al. **Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI**. Revista de Administração Pública. Rio de Janeiro. 45(2):331-48, mar/abr 2011. ISSN 0034-7612.
- Locatelli MAF et al. **Determination of antibiotics in Brazilian surface waters using liquid chromatography–electrospray tandem mass spectrometry**. Arch Environ Contam Toxicol 60:385–393. 2011 doi:10.1007/s00244-010-9550-1
- Machado KC, et al. **A preliminary nationwide survey of the presence of emerging contaminants in drinking and source waters in Brazil**. Sci Total Environ (2016) 572:138–146. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.07.210
- MARTY, J-L. REVISTA DE QUÍMICA INDUSTRIAL. **Contaminantes emergentes – desafios e perspectivas**. Acontecendo. Palestra. 51o Congresso Brasileiro de Química, 2011. Disponível em: <http://www.abq.org.br/rqi/2011/733/RQI-733-pagina8-Contaminantes-Emergentes.pdf>: Acesso em: 3 de novembro 2017.
- MONTAGNER, CC et al. **Occurrence and potential risk of triclosan in freshwaters of São Paulo, Brazil—the need for regulatory actions**. Environ Sci Pollut Res (2014) 21:1850–1858 DOI 10.1007/s11356-013-2063-5.
- Montagner CC & Jardim WF. **Spatial and seasonal variations of pharmaceuticals and endocrine disruptors in the Atibaia River, São Paulo state (Brazil)** J Braz Chem Soc (2011) 22:1452–1462. doi:10.1590/S0103-50532011000800008
- Monteiro, M.A., et al. **Occurrence of Antimicrobials in River Water Samples from Rural Region of the State of Rio de Janeiro, Brazil**. Journal of Environmental Protection (2016), 7, 230-241. <http://dx.doi.org/10.4236/jep.2016.72020>
- MOREIRA, JC & GONÇALVES, ES. **Contaminantes emergentes – desafios e perspectivas**. Revista de Química Industrial. 51o Congresso Brasileiro de Química, 2011. Disponível em: www.abq.org.br/rqi/dl.php?arquivo=2013/738/RQI-738.pdf: Acesso em: 3 de novembro 2017.
- NOGUEIRA, Jorge Madeira e ARAUJO, Romana Coelho de. **Evaluación de impactos ambientales como componentes de una política ambiental. Sus límites y potencialidades con base en lecciones de la experiencia brasileña**. Revista Latinoamericana de Derecho y Políticas Ambientales, 2013.
- PORTELA, Viviane. **Avaliação de risco ambiental relacionado à ocorrência de fármacos e produtos de higiene pessoal em águas superficiais brasileiras. Projeto Final em Ciências Ambientais**. Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- QUADRA, GR et al. **Do pharmaceuticals reach and affect the aquatic ecosystems in Brazil? A critical review of current studies in a developing country**. Environ Sci Pollut Res DOI 10.1007/s11356-016-7789-4. Springer. 2016.
- RAIMUNDO, C. C.M. **Ocorrência de interferentes endócrinos e produtos farmacêuticos nas águas superficiais da bacia do rio Atibaia**. Dissertação de

- mestrado, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2007.
- REGITANO, JB & LEAL, RMP. **Comportamento e impacto ambiental de antibióticos usados na produção animal brasileira**. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 601-616, June 2010.
- RODRIGUES, BM et al. **Qualidade dos recursos hídricos na Bacia do Ribeirão Anhumas**. Colloquium Exactarum, v. 6, n.3, Set-Out. 2014, p.122 –132. DOI: 10.5747/ce.2014.v06.n3.e093
- SANTANA, JS. **Determinação de contaminantes emergentes em mananciais de água bruta e na água para consumo humano do Distrito Federal**. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. Brasília, 2013.
- SILVA, LEPVC. **Avaliação ambiental estratégica para programas de saneamento básico: construindo orientações para a etapa de scoping**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2013.
- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS. **Diagnósticos dos serviços de água e esgoto - 2015**. Ministérios das Cidades. 2015. Disponível em < <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2015> > Acesso em 09 de novembro de 2017.
- SODRÉ, FF et al. **Occurrence of Emerging Contaminants in Brazilian Drinking Waters: A Sewage-To-Tap Issue**. Water Air Soil Pollut (2010) 206:57–67 DOI 10.1007/s11270-009-0086-9
- SODRÉ, FF et al. **Fontes Difusas de Poluição da Água: Características e métodos de controle**. Artigos Temáticos do AQQUA (2012) 1:9-16.
- Stumpf, M et al. **Polar drug residue in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro**. Brazil Sci Total Environ (1999) 225:135–141. doi:10.1016/S0048-9697(98)00339-8
- TAMBOSI, JL. **Remoção de fármacos e avaliação de seus produtos de degradação através de tecnologias avançadas de tratamento**. Dissertação de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.
- Tambosi, JL et al. **Recent research data on the removal of pharmaceuticals from sewage treatment plants (STP)**. Quím Nov. 33. (2010) doi: 10.1590/S0100-40422010000200032
- Trata Brasil. **Manual do Saneamento Básico**. 2012.
- Trata Brasil. **Benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Brasil**. Ex Ante Consultoria Econômica. Março de 2017.
- Tratamento de Esgoto. **ETE Pinheirinho**. SANEBAVI. Disponível em: < <http://www.sanebavi.com.br/?idt=11> > Acesso em 31 de agosto de 2017.