

ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE MICRICOPOLUENTES  
DE ORIGEM DOMÉSTICA NO TRATAMENTO  
COM LODOS ATIVADOS

Grazieli Terezinha Colla

Prof. Dr<sup>a</sup> Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto  
(Orientadora)

Prof. Dr. Guilherme Farias Cunha  
(Coorientador)

2013.1





Grazieli Terezinha Colla

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE MICROPOLUENTES DE ORIGEM  
DOMÉSTICA NO TRATAMENTO COM LODOS ATIVADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetida ao Programa de Graduação  
em Engenharia Sanitária e Ambiental  
da Universidade Federal de Santa  
Catarina para a obtenção do Grau  
de Engenheiro em Engenharia Sanitária  
e Ambiental.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Cátia Regina  
Silva de Carvalho Pinto  
Coorientador: Prof. Dr. Guilherme  
Farias Cunha

Florianópolis

Julho 2013



Grazieli Terezinha Colla

**ESTUDO DA INFLUÊNCIA DE MICROPOLUENTES DE ORIGEM  
DOMÉSTICA NO TRATAMENTO COM LODOS ATIVADOS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental em sua forma final pela banca examinadora.

Florianópolis, julho 2013

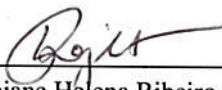
**Banca Examinadora:**



Prof. Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto  
Orientadora



Prof. Dr. Guilherme Farias Cunha  
Coorientador



Prof. Dra. Rejane Helena Ribeiro da Costa  
Membro da banca



Me. Eng. Wanderli Rogério Moreira Leite  
Membro da Banca



*A toda minha família e amigos. . .*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Getúlio e Célia, e ao meu irmão, Graziani, por me apoiarem nestes 6 anos de faculdade e me entenderem quando não pude estar presente, principalmente durante o meu ano de intercâmbio.

Agradeço também ao meu namorado e "co-coorientador" do TCC, pelo auxílio com o  $\LaTeX$ , com o TCC e principalmente por estar do meu lado todos estes anos de faculdade.

À professora Cátia e ao professor Guilherme, meus orientadores, pelo apoio e efetiva orientação.

À Tatiana, Laure et Lucille pelo prazer da convivência e por todo o auxílio e incentivo. Principalmente à Lucille, pelas aulas de francês concedidas.

O meu muito obrigada aos meus amigos e colegas da UFSC que fizeram estes anos de faculdade serem muito mais divertidos. Especialmente às amigas Luísa, Mariana e Morgana pelos agradáveis momentos que passamos juntas e por se tornarem minhas irmãs do coração. Às minhas companheiras de apartamento em Curitiba, Taiana, Thaís e Mayara, que fizeram dos dias de trabalho na Serenco e dos intermináveis dias de TCC muito mais alegres.

Aos integrantes dos laboratórios LEM - *Laboratoire de Mineralurgie et Environnement* e LRGP - *Laboratoire des Réactions et Génie des Procédés* pelo convívio e agradável ambiente de trabalho.

À Universidade Federal de Santa Catarina, aos profissionais e colaboradores pelo convívio e oportunidades oferecidas, em especial ao Departamento de Engenharia Sanitária.

À CAPES pelo apoio financeiro e incentivo à pesquisa.





*C'est le temps que tu  
as perdu pour ta  
rose qui fait ta rose  
si important.*

Antoine de Saint-Exupéry

## RESUMO

No Brasil, os estudos sobre os potenciais riscos que os micropoluentes presentes no meio ambiente podem causar aos seres vivos ainda são poucos significativos. Alguns estudos realizados principalmente nos Estados Unidos e na Europa mostram que eles podem causar infertilidade e desregular o sistema endócrino dos animais. Além disso, a maioria dos micropoluentes presentes nos esgotos não são devidamente removidos nas Estações de Tratamento de Esgoto sendo lançados no meio ambiente, podendo se acumular e causar problemas à saúde pública. Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido a fim de analisar as alterações que os micropoluentes podem causar no tratamento de efluentes domésticos. Foram analisadas as variações da degradação carbonácea e nitrogenada no tratamento com lodos ativados para diferentes concentrações de oito micropoluentes de origem doméstica. São eles: eritromicina, ibuprofeno, ofloxacina, ácido perfluorooctanóico (PFOA), ácido perfluorooctanosulfônico (PFOS), triclosan, 4-nonifenol e sucralose. Foram utilizados reatores aerados, em escala piloto, a fim de simular o tratamento com lodos ativados e analisar o comportamento da DQO e da amônia ao longo das vinte e quatro horas de experimento. Os resultados apontaram a eritromicina, o ibuprofeno e a sucralose afetaram negativamente o tratamento da matéria orgânica carbonácea e/ou nitrogenada. Isto ocorreu para as maiores concentrações estudadas de cada micropoluente, ou seja,  $10^4$ ,  $5 \times 10^3$  e  $10^6$  respectivamente. Sendo que para os outros micropoluentes não foi possível perceber alterações significativas em relação ao controle.

**Palavras-chave:** micropoluentes, poluição doméstica, tratamento de esgotos, lodos ativados, demanda química de oxigênio, amônia

## ABSTRACT

There are few Brazilian studies about the problems that the micropollutants can cause in the environment. Some studies done in the United States of America and Europe showed that the micropollutants can cause infertility and disrupt the endocrine system of animals. Furthermore, most of micropollutants present in sewage are not properly removed in the treatment water and they are sent to the environment, and can accumulate and cause public health problems. In this context, this study was developed to examine the changes that the micropollutants can cause in the treatment of domestic sewage. The variation of carbonaceous and nitrogenous degradation in activated sludge treatment with different concentrations using eight micropollutants from domestic sources: erythromycin, ibuprofen, ofloxacin, perfluorooctanoic acid (PFOA), perfluorooctanesulfonic acid (PFOS), triclosan, 4-nonylphenol and sucralose. Aerated reactors were used in pilot scale, to simulate the treatment with activated sludge and to analyze the behavior of chemical oxygen demand and ammonia during twenty-four hours of experiments. The results showed that erythromycin, ibuprofen and sucralose have negatively affected the treatment of chemical oxygen demand and/or ammonia. Whereas for the other micropollutants was not possible to see any change.

**Keywords:** micropollutants, domestic pollution, wastewater treatment, activated sludge, chemical oxygen demand, ammonia

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Modelo de difusor de ar. Fonte: Abimaq (2013) . . . . .	6
Figura 2	Modelo de agitador mecânico superficial. Fonte: Industrial (2013) . . . . .	7
Figura 3	Estrutura química da sucralose . . . . .	9
Figura 4	Estrutura química da eritromicina . . . . .	10
Figura 5	Possíveis rotas dos antibióticos no meio aquático. Adaptado de Hirsch <i>et al.</i> (1999) . . . . .	11
Figura 6	Estrutura química do ibuprofeno . . . . .	12
Figura 7	Estrutura química da ofloxacina . . . . .	13
Figura 8	Estrutura química do ácido perfluorooctanóico . . . . .	14
Figura 9	Estrutura química do ácido perfluorooctanosulfônico . . . . .	14
Figura 10	Estrutura química do triclosan . . . . .	14
Figura 11	Estrutura química do nonilfenol . . . . .	16
Figura 12	Localização da ETE Nancy Maxéville . . . . .	17
Figura 13	Vista aérea da ETE Nancy Maxéville (1: Pré-tratamento, 2: Tanques de aeração, 3: Reator de leito fluidizado, 4: Tanques anóxicos, 5: Decantadores) . . . . .	18
Figura 14	Esquema dos reatores utilizados nas análises . . . . .	19
Figura 15	Reatores utilizados nas análises . . . . .	21
Figura 16	Chapa aquecedora utilizada nas análises de DQO. Fonte: Alfakit (2013) . . . . .	22
Figura 17	Espectrofotômetro utilizado para a leitura da DQO e da amônia . . . . .	22
Figura 18	Demanda química de oxigênio - Sucralose . . . . .	26
Figura 19	Amônia - Sucralose . . . . .	27
Figura 20	Amônia - Eritromicina . . . . .	28
Figura 21	Demanda química de oxigênio - Eritromicina . . . . .	28
Figura 22	Demanda química de oxigênio - Ibuprofeno . . . . .	30
Figura 23	Amônia - Ibuprofeno . . . . .	30
Figura 24	Demanda química de oxigênio - Ofloxacina . . . . .	31
Figura 25	Amônia - Ofloxacina . . . . .	32
Figura 26	Demanda química de oxigênio - Compostos perfluorados . . . . .	33

Figura 27	Amônia - Compostos perfluorados.....	33
Figura 28	Demanda química de oxigênio - Triclosan.....	34
Figura 29	Amônia - Triclosan.....	35
Figura 30	Demanda química de oxigênio - 4-Nonilfenol.....	36
Figura 31	Amônia - 4-Nonilfenol.....	36
Figura 32	Banner apresentador no congresso internacional IAP - Interfa- ces Against Pollution 2012.....	54
Figura 33	Demanda química de oxigênio - Sucralose.....	55
Figura 34	Amônia - Sucralose.....	56
Figura 35	Demanda química de oxigênio - Ibuprofeno.....	56
Figura 36	Amônia - Ibuprofeno.....	57
Figura 37	Demanda química de oxigênio - Ofloxacina.....	57
Figura 38	Amônia - Ofloxacina.....	58
Figura 39	Amônia - Compostos perfluorados.....	58
Figura 40	Demanda química de oxigênio - Triclosan.....	59
Figura 41	Amônia - Triclosan.....	59
Figura 42	Demanda química de oxigênio - 4-Nonilfenol.....	60
Figura 43	Amônia - 4-Nonilfenol.....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Concentrações dos micropoluentes nos reatores .....	20
Tabela 2	Resultados para o ibuprofeno - DQO .....	45
Tabela 3	Resultados para o ibuprofeno - amônia .....	46
Tabela 4	Resultados para o ofloxaxina - DQO .....	46
Tabela 5	Resultados para o ofloxaxina - amônia .....	47
Tabela 6	Resultados para o triclosan - DQO .....	47
Tabela 7	Resultados para o triclosan - amônia .....	48
Tabela 8	Resultados para o eritromicina - DQO .....	48
Tabela 9	Resultados para o eritromicina - amônia .....	49
Tabela 10	Resultados para o nonilfenol - DQO .....	49
Tabela 11	Resultados para o nonilfenol - amônia .....	50
Tabela 12	Resultados para o PFOA-PFOS - DQO .....	50
Tabela 13	Resultados para o PFOA-PFOS - amônia .....	51
Tabela 14	Resultados para o sucralose - DQO .....	51
Tabela 15	Resultados para o sucralose - amônia .....	52





# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Objetivos</b>	<b>3</b>
2.1	Objetivo geral . . . . .	3
2.2	Objetivos específicos . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Revisão Bibliográfica</b>	<b>5</b>
3.1	Esgotos domésticos . . . . .	5
3.1.1	Lodos ativados . . . . .	5
3.2	Micropoluentes . . . . .	7
3.2.1	Produtos alimentícios . . . . .	8
3.2.1.1	Sucralose . . . . .	8
3.2.2	Produtos farmacêuticos . . . . .	9
3.2.2.1	Eritromicina . . . . .	10
3.2.2.2	Ibuprofeno . . . . .	12
3.2.2.3	Ofloxacina . . . . .	12
3.2.3	Compostos perfluorados . . . . .	13
3.2.4	Produtos de higiene pessoal . . . . .	14
3.2.4.1	Triclosan . . . . .	14
3.2.5	Produtos de limpeza . . . . .	15
3.2.5.1	4-nonilfenol . . . . .	15
<b>4</b>	<b>Metodologia</b>	<b>17</b>
4.1	Local de estudo . . . . .	17
4.2	Reatores . . . . .	19
4.3	Coleta do material . . . . .	20
4.4	Análise da DQO . . . . .	21
4.5	Análise da Amônia . . . . .	23
4.6	Análise dos dados . . . . .	23
<b>5</b>	<b>Resultados e Discussões</b>	<b>25</b>
5.1	Produtos alimentícios . . . . .	26
5.1.1	Sucralose . . . . .	26
5.2	Produtos farmacêuticos . . . . .	27
5.2.1	Eritromicina . . . . .	27

5.2.2	Ibuprofeno . . . . .	29
5.2.3	Ofloxacina . . . . .	31
5.3	Compostos perfluorados . . . . .	32
5.4	Produtos de higiene pessoal . . . . .	34
5.4.1	Triclosan . . . . .	34
5.5	Produtos de limpeza . . . . .	35
5.5.1	4-Nonilfenol . . . . .	35
<b>6</b>	<b>Conclusão</b>	<b>37</b>
<b>7</b>	<b>Recomendações</b>	<b>39</b>
	<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>41</b>
	<b>Apêndice A Dados obtidos nas análises</b>	<b>45</b>
	<b>Apêndice B Banner apresentado no congresso internacional IAP 2012</b>	<b>53</b>
	<b>Apêndice C Análises refeitas</b>	<b>55</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As estações de tratamento de efluentes estão em constante evolução para atender as exigências dos órgãos de controle ambiental. Em 1887, na cidade de Frankfurt, Alemanha, a primeira estação de tratamento de efluentes domésticos foi construída a fim de melhorar a qualidade dos efluentes antes de lançá-los nos corpos hídricos (IMHOFF, 1979 apud ROCHA; ROSA; CARDOSO, 2004). Este conceito só chegou ao Brasil muitos anos depois, entre os anos de 1950 e 1960. Nesta época, as Estações de Tratamento de Efluentes - ETES eram construídas apenas com o objetivo de remover a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO). No fim da década de 1960 o sistema foi aperfeiçoado e, utilizando a precipitação química, iniciou-se a remoção do fosfato. Nos anos de 1970 e 1980, processos foram implantados para conversão da amônia (derivado excretado na urina, tóxico aos peixes) em nitrato (forma de nitrogênio menos tóxica). Entre as décadas de 1980 e 1990, o processo foi modificado novamente com o objetivo de reduzir o nitrato à nitrogênio molecular (TERNES, 2006 apud KRAUSE, 2009).

O processo de tratamento de efluentes evoluiu consideravelmente nas últimas décadas, principalmente no que se refere à eliminação da macropoluição, porém pouco se sabe sobre a remoção da micropoluição. Alguns estudos mostram que o sistema ainda não está apto para retirar os micropoluentes (SOUZA, 2011; STACKELBERG *et al.*, 2007; ALIGHARDASHI; PONS; POTIER, 2008; WENNMALM; GUNNARSSON, 2005). Além disso, surgem a cada dia novos produtos no mercado a fim de melhorar a qualidade de vida, no entanto, muitos desses produtos possuem compostos incomuns ao meio ambiente, cujas consequências ainda são desconhecidas.

Neste contexto, este trabalho tem o propósito de estudar as variações que os micropoluentes provenientes da poluição doméstica podem provocar no tratamento de esgotos com lodos ativados.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo principal estudar a influência que os micropoluentes provenientes da poluição doméstica podem provocar no tratamento de esgotos com lodos ativados.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Identificar as variações da degradação da matéria orgânica carbonácea para diferentes concentrações de micropoluentes testadas;
- Identificar as variações da degradação da matéria do nitrogênio amoniacal para diferentes concentrações de micropoluentes testadas.



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 ESGOTOS DOMÉSTICOS

Os esgotos são geralmente classificados em dois grupos principais: os esgotos sanitários e os esgotos industriais. Os esgotos sanitários são constituídos basicamente de esgotos domésticos provenientes de habitações comuns. Como já mencionado anteriormente, este trabalho trata apenas dos esgotos de origem doméstica pois visa analisar a influência de alguns micropoluentes oriundos deste tipo de poluição.

Cerca de 70 % dos sólidos presentes nos esgotos são de origem orgânica, dados pela combinação do carbono, do hidrogênio e do nitrogênio (JORDAO; PESSÔA, 2009). A fim de analisar a quantidade de matéria orgânica presente nos efluentes, frequentemente utiliza-se o parâmetro bioquímico DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio. Esta análise dura em geral cinco dias e tem a finalidade de indicar a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar biologicamente toda a matéria orgânica presente em uma amostra.

Paralelamente ao parâmetro da DBO está a DQO - Demanda Química de Oxigênio. Neste caso, toda matéria orgânica é oxidada quimicamente, ou seja, a DQO engloba não apenas a matéria orgânica oxidada biologicamente, determinada através da DBO, mas também qualquer substância susceptível à oxidação. A grande vantagem da determinação da DQO é o reduzido tempo de reação, cerca de duas horas, enquanto a DBO leva cinco dias.

Segundo a literatura, cada pessoa produz cerca de 13,3 gramas de nitrogênio por dia os quais são lançados diretamente na rede coletora de esgotos e conseqüentemente, para as estações de tratamento (HELLSTRÖM, 2003 apud VASQUEZ, 2010). Cerca de 80 % do nitrogênio provém da urina e 13 % das fezes. A amônia ( $\text{NH}_4^+$ ) é a forma mais comum do nitrogênio encontrada nos esgotos.

##### 3.1.1 LODOS ATIVADOS

Atualmente existem muitos tipos de tratamento para os esgotos domésticos. Dentre os mais utilizados nas estações de tratamento está o sistema

de lodos ativados. Isso é devido principalmente a sua alta eficiência e a sua menor área de ocupação. Segundo Jordao e Pessoa (2009), a eficiência de remoção dos sólidos suspensos e à Demanda Bioquímica de Oxigênio dos lodos ativados varia de 85 a 95 %, respectivamente.

O tratamento de efluentes com lodos ativados é dado pela ação dos microrganismos sobre a matéria a ser degradada. A demanda de oxigênio do processo biológico é grande e requer injeção de ar no meio líquido para que o processo seja mais eficiente e rápido, reduzindo assim a área requerida pelo sistema.

Os tanques de lodos ativados requerem agitação, mistura e aeração contínua durante as reações químicas. Os métodos mais utilizados para a injeção de ar nestes tanques são através de difusores de ar (Figura 1) e de agitadores mecânicos (Figura 2). Os difusores introduzem pequenas bolhas de ar no interior dos tanques de aeração. Já no sistema com aeração mecânica, as partículas do líquido são lançadas à atmosfera provocando uma aeração da massa líquida do tanque. Como a área de contato do efluente com as partículas de ar é maior no sistema com difusores, geralmente este sistema é mais eficiente comparado aos agitadores mecânicos. No entanto, os difusores de ar possuem um grande risco de entupimento, precisando de limpezas contínuas.



Figura 1 – Modelo de difusor de ar. Fonte: Abimaq (2013)

A operação do tanques de lodos ativados é delicada e requer muito cuidado, não podendo haver substâncias tóxicas no meio pois os microrganismos





Figura 2 – Modelo de agitador mecânico superficial. Fonte: Industrial (2013)

mos são bastante sensíveis. Tem-se um cuidado especial até mesmo com o ar que é injetado nos tanques para que ele seja livre de substâncias que possam prejudicar o tratamento.

### 3.2 MICROPOLUENTES

Ao longo dos anos, as características dos esgotos sofreram várias mudanças. O esgoto produzido atualmente é muito diferente do que havia na década de 1940, por exemplo. O desenvolvimento e o crescimento da população fizeram com que ocorresse uma mudança nos seus hábitos. Nos dias atuais, a população utiliza uma grande quantidade de fármacos, produtos de limpeza, higiene pessoal, quimioterápicos, e grande parte dessas substâncias têm como destino final o esgoto e conseqüentemente o meio ambiente. Isso acontece pois a maioria dos sistemas de tratamento ainda são muito precários na remoção da micropoluição e portanto, grande parte desses produtos se dirigem aos rios e às águas subterrâneas causando um grave problema ambiental.

A população mundial é uma grande poluidora das águas através do consumo de diversos produtos como medicamentos, produtos de higiene corporal, produtos de limpeza doméstica, materiais antiaderentes, entre outros. Diariamente são produzidos diversos tipos de micropoluentes, que após serem utilizados, são eliminados e seguem para as estações de tratamento. E, como as ETEs são projetadas para eliminar principalmente os sólidos suspensos e a matéria orgânica, a eliminação destes micropoluentes geralmente é muito baixa. Quando eliminados, dá-se pelos mecanismos de adsorção e/ou biodegradação durante o tratamento. Porém, concentrações significativas ainda são encontradas nos efluentes e nos corpos hídricos receptores como mostram

alguns estudos que serão detalhados ao longo deste trabalho (SOUZA, 2011; STACKELBERG *et al.*, 2007; ALIGHARDASHI; PONS; POTIER, 2008; WENNMALM; GUNNARSSON, 2005).

Dentre os principais micropoluentes da poluição doméstica destacam-se os produtos farmacêuticos (antibióticos, hormônios, anticancerígenos, analgésicos), os produtos de higiene pessoal (sabonetes, cremes) e os produtos de limpeza (detergentes).

As concentrações de micropoluentes encontradas nas águas superficiais e efluentes são da ordem de nanograma por litro (ALIGHARDASHI; PONS; POTIER, 2008). Porém, mesmo em concentrações muito baixas estes produtos podem prejudicar o tratamento dos efluentes domésticos, pois alguns não são biodegradáveis e outros são produtos tóxicos que podem ter impacto sobre a biomassa das estações.

Muitas pesquisas estão sendo realizadas sobre esse assunto, principalmente na Europa e nos Estados Unidos. No entanto, os estudos de monitoramento de micropoluentes emergentes no Brasil em esgotos, águas superficiais e de abastecimento ainda são incipientes.

Neste trabalho, serão estudados oito poluentes provenientes da poluição doméstica. Das substâncias estudadas, a eritromicina, o ibuprofeno e a ofloxacina são produtos farmacêuticos, o triclosan é um composto dos produtos de higiene pessoal, o 4-nonilfenol faz parte dos produtos de limpeza, a sucralose é um produto alimentício e os compostos perfluorados (PFOA-PFOS) são encontrados principalmente em superfícies antiaderentes.

Historicamente essas substâncias não eram monitoradas e nem consideradas poluentes, porém atualmente sabe-se que mesmo em baixas concentrações elas podem causar riscos à saúde humana e ao meio ambiente.

## **3.2.1 PRODUTOS ALIMENTÍCIOS**

### **3.2.1.1 SUCRALOSE**

A sucralose é um edulcorante artificial obtido pela modificação da molécula da sacarose. A substituição de três grupos hidroxila por átomos de cloro faz com que a sucralose seja cerca de 600 vezes mais doce (Figura 3). Segundo Torres *et al.* (2011) este composto é atualmente utilizado em mais de 80 países e está presente em mais de 4 000 produtos.

Baseando-se em 110 estudos, a *Food and Drug Administration* (FDA) concluiu que o uso deste adoçante não produz riscos carcinogênicos, reprodutivos ou neurológicos (FDA, 1998 apud BRUGNERA; BARUFFI; PANATTO, 2012).

Torres *et al.* (2011) estudaram a presença da sucralose em águas superficiais e em efluentes de ETE no Arizona, Estados Unidos. As concentrações médias de sucralose encontradas nas sete estações que foram estudadas foi de

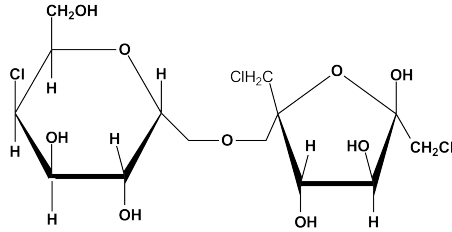


Figura 3 – Estrutura química da sucralose

$2,8 \pm 1 \text{ } \eta\text{g/L}$ . Já para as águas superficiais, detectaram-se concentrações na ordem de  $300 \pm 30 \text{ } \eta\text{g/L}$ . Este trabalho também evidenciou a baixa degradabilidade da sucralose.

Loss *et al.* (2009) desenvolveram uma metodologia para analisar a sucralose e verificaram a sua presença em 120 amostras de águas superficiais em 27 países europeus. Os resultados mostraram que as concentrações não ultrapassaram  $1 \text{ } \mu\text{g/L}$ . Sendo que este composto foi mais comumente encontrado em amostras na Inglaterra, Bélgica, Holanda, Suíça, Espanha, Itália, Noruega e Suécia.

### 3.2.2 PRODUTOS FARMACÊUTICOS

Alighardashi, Pons e Potier (2008) realizaram uma análise bibliográfica sobre os estudos que já foram feitos sobre a ocorrência de fármacos em efluentes urbanos. Numerosos estudos realizados no mundo encontraram compostos farmacêuticos em efluentes urbanos. Isso se deve, principalmente, ao progressivo aumento do consumo de drogas farmacêuticas como antibióticos, hormônios e analgésicos, e também a dificuldade de eliminação durante o tratamento.

Grande parte dos antibióticos não são completamente metabolizados pelo organismo e acabam sendo eliminados através da urina e das fezes. O estudo realizado por Forth, Henschler e Starke (apud HIRSCH *et al.*, 1999), indicou que a porcentagem de eliminação varia entre 30 e 90 %.

Esses fármacos são encontrados no meio aquático devido a sua utilização em tratamentos humanos e animais e ao descarte de indústrias farmacêuticas. Como o consumo desses medicamentos tem aumentado nos últimos anos e o organismo consumidor retém somente uma pequena quantidade destes fármacos, esses micropoluentes são descartados no meio ambiente, seja no solo ou diretamente nos corpos hídricos.

Os produtos farmacêuticos podem oferecer potenciais riscos para o ecossistema aquático, bem como a desregulação endócrina já que são origi-

nalmente fabricados para causarem efeitos biológicos específicos.

### 3.2.2.1 ERITROMICINA

A eritromicina é uma substância antibacteriana que pertence ao grupo dos macrolídeos, pois possui um anel de lactona, de vários membros, ao qual se ligam desoxi-glicóis como mostrado na Figura 4.

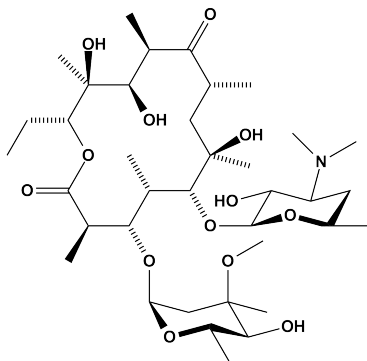


Figura 4 – Estrutura química da eritromicina

Este medicamento é largamente utilizado na medicina humana e também na medicina animal para controlar algumas doenças bacterianas e também para promover o crescimento do animal. Na Figura 5 é apresentado um esquema com possíveis rotas dos antibióticos, inclusive a eritromicina, até chegarem nas águas superficiais e subterrâneas.

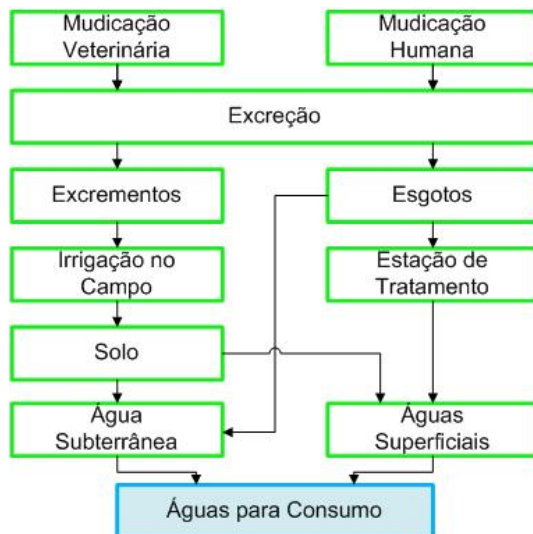


Figura 5 – Possíveis rotas dos antibióticos no meio aquático. Adaptado de Hirsch *et al.* (1999)

Em um estudo realizado em 139 córregos dos Estados Unidos, este antibiótico foi o segundo mais comumente encontrado nas 104 amostras de águas superficiais analisadas, dentre outros 21 antibióticos veterinários e humanos analisados por Kolpin *et al.* (2002). Além disso, a eritromicina foi o antibiótico que teve a pior taxa de remoção na estação de tratamento estudada por Le-Minh *et al.* (2010).

Kolpin *et al.* (2002) analisaram a presença de 18 antibióticos em águas superficiais, efluentes de ETE e águas subterrâneas. A eritromicina foi detectada nos dois primeiros casos, sendo que as concentrações encontradas superaram todas as outras substâncias analisadas. Para os efluentes a média foi de 2,5 µg/l e o valor máximo de 6 µg/l. Já para as águas superficiais os valores foram de 0,15 µg/l e 1,7 µg/l, respectivamente.

Louvet *et al.* (2010a) observaram os efeitos da eritromicina nos lodos ativados de duas estações de tratamento da região de Lorraine na França: a ETE Nancy (350 000 habitantes) e a ETE Epinal (60 000 habitantes). A eritromicina foi tóxica para o lodo ativado nas duas estações analisadas. O antibiótico destruiu os flocos e reduziu a taxa de decomposição da DQO e do íon amônio (NH<sub>4</sub>).

Neste mesmo contexto, Louvet *et al.* (2010b) investigaram a toxicidade da eritromicina nos lodos ativados em função do tempo de exposição e da sua concentração. De acordo com os dados obtidos, pôde-se concluir que

ambos os parâmetros devem ser considerados no estudo da toxicidade deste antibiótico.

### 3.2.2.2 IBUPROFENO

O ibuprofeno é um anti-inflamatório, analgésico e antipirético de estrutura química representada na Figura 6. Este medicamento é um dos mais consumidos mundialmente, com mais de setenta milhões de prescrições por ano (TAKAGI *et al.*, 2006 apud MÉNDEZ-ARRIAGA; ESPLUGAS; GIMÉNEZ, 2010).

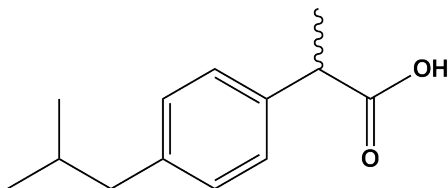


Figura 6 – Estrutura química do ibuprofeno

Thomas e Hilton (2004) realizaram um monitoramento em cinco estuários no Reino Unido, sendo que o ibuprofeno foi detectado com uma concentração máxima de 928 ng/l e uma média de 48 ng/l. Porém, segundo os autores, os valores não foram surpreendentes tendo em vista que os estudos realizados por Hilton e Thomas (2003) encontraram valores ainda maiores em rios do país, que recebem efluentes de estações de tratamento de esgoto, com concentrações acima de 5 µg/l.

Através da oxidação biológica a taxa de remoção desta droga é significativa, podendo ultrapassar 70 % em alguns casos segundo Carballa *et al.* (2006). Mesmo estando alta, essa taxa não é suficiente, pois pode causar graves impactos ambientais e possíveis problemas para a fauna e flora aquática.

Já no estudo realizado por Carballa, Omil e Lema (2005) o ibuprofeno não foi removido em nenhuma das condições testadas (mudança dos aditivos, doses do fármaco e temperatura de operação).

### 3.2.2.3 OFLOXACINA

A ofloxacina é um antibiótico que faz parte do grupo das quinolonas, cuja forma química está representada na Figura 7.

Análises realizadas por Wennmalm e Gunnarsson (2005) em três ETEs na região de Estocolmo, na Suécia, mostraram que as concentrações de ofloxacina nos efluentes são relativamente baixas, variando de 6 a 7,4 ng/l.

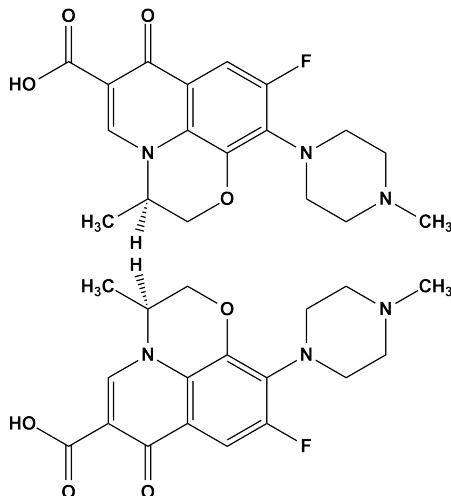


Figura 7 – Estrutura química da ofloxacin

### 3.2.3 COMPOSTOS PERFLUORADOS

Os compostos perfluorados (*perfluorinated compounds* - PFCs) são constituídos de cadeias carbônicas de comprimento variável, sendo que uma parte ou a totalidade dos átomos de hidrogênio são substituídos por átomos de flúor. Além disso, no início da cadeia carbônica encontra-se um átomo ou um grupo funcional diferente. Existem muitos PFCs, mas os mais estudados são o ácido perfluorooctânico - PFOA e o ácido perfluorooctanossulfônico - PFOS, cujas cadeias são representadas nas Figuras 8 e 9.

Esses compostos começaram a ser sintetizados no fim dos anos 1940 e são utilizados para a fabricação dos produtos resistentes ao calor, hidrofóbicos e lipofóbicos (PASQUINI *et al.*, 2011), sendo largamente usados na produção de tecidos impermeáveis, embalagens, produtos industriais e domésticos para limpeza de superfícies, xampu, pinturas, detergentes, emulsificantes, lubrificantes, entre outros.

São poucos os estudos sobre esses compostos mas já indicam um potencial bioacumulador em animais e humanos (HOUDE *et al.*, 2006 apud SKUTLAREK; EXNER; FARBER, 2006). Skutlarek, Exner e Farber (2006) realizaram um monitoramento destes compostos em águas superficiais e potáveis. Compostos perfluorados foram encontrados em várias amostras sendo que a maior concentração (598 ng/l) foi encontrada na região de Rhine-Ruhr com 519 ng/l do composto PFOA. A poluição detectada é provavelmente resultante de resíduos contaminados que foram aplicados em quantidades elevadas

em várias áreas agrícolas do distrito em estudo.

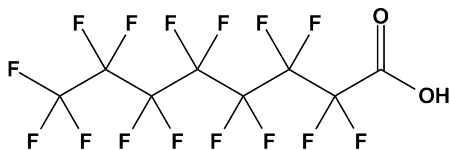


Figura 8 – Estrutura química do ácido perfluorooctanóico

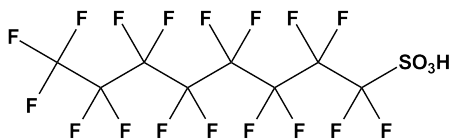


Figura 9 – Estrutura química do ácido perfluorooctanossulfônico

### 3.2.4 PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL

#### 3.2.4.1 TRICLOSAN

O triclosan (Figura 10) é um biocida com atividades antissépticas e desinfetantes. Ele é capaz de inibir o crescimento de fungos, vírus e principalmente bactérias promovendo a desinfecção do local onde é aplicado. Este composto é amplamente utilizado em produtos de uso pessoal como sabonetes antissépticos, desodorantes, cremes dentais, cosméticos, utensílios de cozinha, brinquedos infantis, tecidos, plásticos, entre outros.

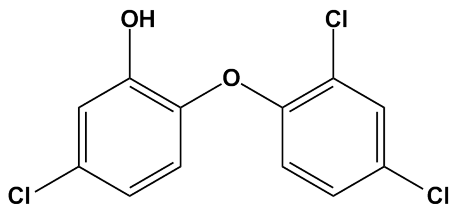


Figura 10 – Estrutura química do triclosan

Como o triclosan é um constituinte de produtos de uso pessoal, resíduos contendo triclosan são lançados diariamente nas redes de esgoto. Como as estações de tratamento ainda não possuem uma boa eficiência na remoção dos micropoluentes, este composto é comumente encontrados nos efluentes



de ETEs. Monitoramentos realizados nos Estados Unidos, Espanha, Suécia, Suíça e Austrália mostraram que a concentração de triclosan nos efluentes de ETEs variam na faixa de 0,1 a 16  $\mu\text{g/l}$  (KANTIANI *et al.*, 2008).

Como os efluentes de ETEs são lançados em corpos hídricos, concentrações de triclosan são comumente encontradas também em águas superficiais. Estudos realizados por Kolpin *et al.* (2002) em 139 córregos de trinta estados dos Estados Unidos verificaram que o triclosan estava entre os sete compostos mais detectados, apresentando uma concentração média de 40  $\text{ng/l}$  e uma concentração máxima de 140  $\text{ng/l}$ . Na Espanha, uma pesquisa realizada por Kantiani *et al.* (2008) encontrou o composto triclosan em 50 % das amostras de rios analisadas, sendo que as concentrações variaram entre 21 e 160  $\text{ng/l}$ .

Alguns estudos sobre a toxicidade aguda e crônica do triclosan foram realizados utilizando como organismo-teste algas, equinodermas, crustáceos e peixes. Os resultados mostram alterações relacionadas ao crescimento, imobilidade, mortalidade e desenvolvimento embriolarval (PUSCEDDU, 2009). Considerando os resultados de toxicidade em água encontrados no trabalho e, aplicando os critérios de classificação da Diretriz Européia 93/67/EEC, pode-se considerar que o composto é "Muito Tóxico", pois os efeitos foram observados em concentrações em torno de 0,1  $\mu\text{g/l}$ .

### 3.2.5 PRODUTOS DE LIMPEZA

#### 3.2.5.1 4-NONILFENOL

O 4-nonilfenol (Figura 11) é produto da degradação de alquilfenóis polietoxilados de grande uso em produtos de limpeza. É uma molécula bastante utilizada como emulsificante e em detergentes. É biodegradável, porém tóxica e bioacumulativa.

O 4-nonilfenol é relatado na literatura como sendo um dos principais desreguladores endócrinos. Desreguladores endócrinos são compostos que interferem a síntese, armazenamento/liberação, transporte, metabolismo, atividade conjugadora ou eliminação dos hormônios naturais na corrente sanguínea que são responsáveis pela regulação da homeostase e pelo desenvolvimento (KOIFMAN; PAUMGARTEN, 2002). Estes compostos podem interferir no sistema endócrino de humanos e de outros animais, causando infertilidade e aumento na taxa de câncer nos órgãos reprodutores.

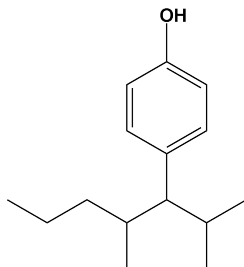


Figura 11 – Estrutura química do nonilfenol

O estudo realizado por Kolpin *et al.* (2002), já salientado anteriormente, detectou a presença do 4-nonilfenol em mais da metade das amostras estudadas. A concentração máxima foi de 40  $\mu\text{g/l}$  e a média de 0,8  $\mu\text{g/l}$ .

Stackelberg *et al.* (2007) realizaram análises de 113 compostos orgânicos em uma ETE convencional americana. O 4-nonilfenol foi encontrado em 25 % dos efluentes da entrada na ETE e 8 % após o tratamento, sendo que as concentrações máximas encontradas foram 1,4 e 1,1  $\mu\text{g/l}$ , respectivamente.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 LOCAL DE ESTUDO

A pesquisa apresentada neste trabalho foi desenvolvida no LEM - *Laboratoire de Mineralurgie et Environnement* e as análises foram realizadas no LRGP - *Laboratoire des Réactions et Génie des Procédés*. O efluente e o lodo utilizados nas análises tiveram origem na Estação de Tratamento de Esgotos de Nancy Maxéville.

A Estação de Tratamento de Nancy Maxéville está localizada na cidade de Nancy, a qual pertence ao departamento de *Meurthe-et-Moselle*, situada na região de *Lorraine*, nordeste da França (Figura 12). Esta estação trata diariamente  $118110 \text{ m}^3$  de efluente e possui uma vazão de pico de  $8363 \text{ m}^3/\text{h}$  (SIERM, 2002).

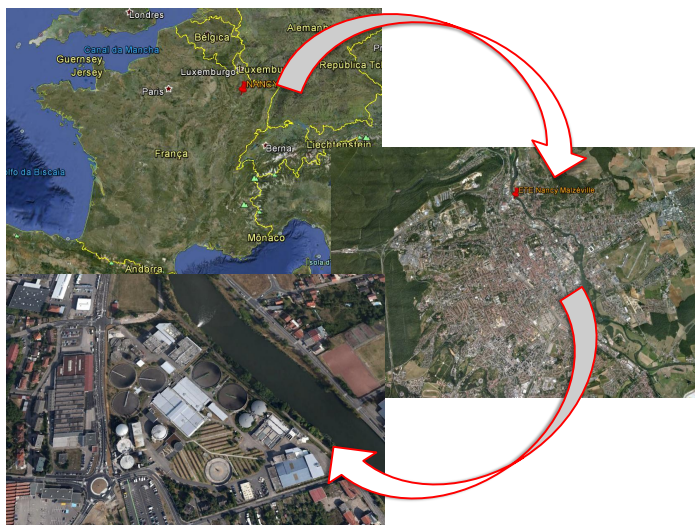


Figura 12 – Localização da ETE Nancy Maxéville

A estação recebe dois tipos de efluentes: efluentes urbanos e efluentes industriais, que são tratados separadamente. No presente trabalho, foram estudados os efluentes urbanos provenientes de vinte cidades que fazem parte da Grande Nancy, representando cerca de 500 000 habitantes.

Ao chegar à estação, os efluentes passam por um tratamento primário clássico: desarenador, caixa de gordura e decantador primário. Em seguida, o esgoto se dirige para um tanque aerado e depois segue para um reator biológico aerado. Este reator é composto por 18 células, cada uma com  $170 \text{ m}^3$ . Cada célula funciona como um reator de leito fluidizado, onde as pequenas partículas de areia ficam em suspensão favorecendo a formação do biofilme neste meio suporte. Após a formação dos flocos o lodo é decantado e a areia recuperada a partir de um sistema de desarenadores.

A próxima etapa do tratamento são os tanques anóxicos onde ocorre a desnitrificação. Depois disso, o efluente segue para a etapa de clarificação onde se dá a separação do lodo em decantadores. Uma parte deste lodo é descartada e outra parte, recirculada e enviada para ao tanque de aeração. Ao sair dos decantadores, o efluente passa por um tratamento físico-químico que permite a retirada do fósforo antes de ser lançado no Rio *Meurthe*. A Figura 13 é uma foto aérea da Estação de Nancy-Maxéville e mostra as unidades de tratamento acima citadas.



Figura 13 – Vista aérea da ETE Nancy Maxéville (1: Pré-tratamento, 2: Tanques de aeração, 3: Reator de leito fluidizado, 4: Tanques anóxicos, 5: Decantadores)

## 4.2 REATORES

A fim de estudar a interferência dos micropoluentes no tratamento de esgoto, dispôs-se de quatro reatores de quatro litros operando em paralelo. Para a preparação destes reatores foram coletados lodo e efluente na estação de tratamento de esgoto de Nancy Maxéville. O lodo utilizado neste estudo foi coletado na saída dos decantadores secundários, antes de serem novamente injetados no sistema. Já a coleta do esgoto bruto foi feita após o pré-tratamento.

Em cada reator foi diluído um litro de lodo em dois litros de esgoto bruto. A coleta do lodo foi feita pela manhã e seguiu-se imediatamente a montagem dos reatores. Já o efluente foi coletado na entrada da estação de depuração entre 11 e 14 horas do dia anterior, sendo estas as horas de maior pico na estação. O esgoto coletado foi refrigerado a 4 °C para que não houvesse alteração nas suas características.

Para melhor reproduzir as condições do tanque de lodos ativados foi utilizada uma aeração através de uma pedra porosa localizada no fundo dos reatores. O esquema dos reatores está detalhado na Figura 14. A aeração também ajudou na homogeneização e no fornecimento de oxigênio para as reações.

Vale ressaltar que os reatores utilizados nesta pesquisa simularam reatores de lodos ativados em batelada, ou seja, o efluente e o lodo permaneceram durante todo o período de análise dentro dos reatores (vinte e quatro horas), não havendo nenhum acréscimo ou substituição da mistura. É importante destacar também que não foi inserido nenhuma adição de nutrientes no meio durante as vinte e quatro horas de estudo.

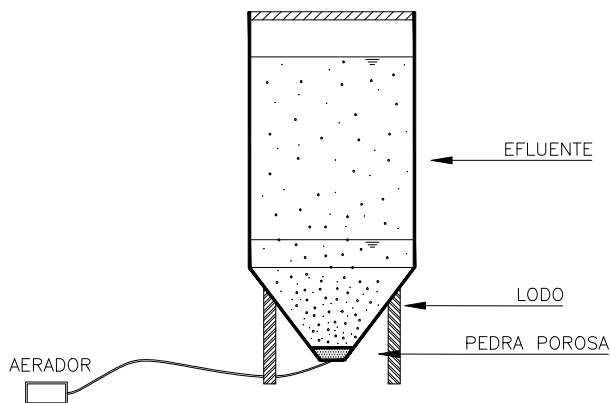


Figura 14 – Esquema dos reatores utilizados nas análises

Após os reatores estarem completos de lodo e efluente, adicionou-se o micropolvente em análise em diferentes concentrações ( $C_1$ ,  $C_2$  e  $C_3$ ) com exceção do reator controle. Na Figura 15 são apresentados os quatro reatores sendo que o reator A é o controle e os reatores B, C e D possuem concentrações crescentes dos micropoluentes, ou seja,  $C_1 < C_2 < C_3$ . A Tabela 1 mostra as concentrações utilizadas nesta pesquisa. Esses valores foram determinados baseando-se nas concentrações comumente encontradas em trabalhos anteriores, na toxicidade dos compostos e também na solubilidade destas substâncias em água.

Tabela 1 – Concentrações dos micropoluentes nos reatores

Micropolvente	$C_1$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_2$ ( $\mu\text{g/l}$ )	$C_3$ ( $\mu\text{g/l}$ )	Toxicidade ( $\mu\text{g/l}$ )	Solubilidade em água
Triclosan <sup>1</sup>	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^{-1}$	< mg/l
Ofloxacina <sup>2</sup>	1	10	50	$10^2$	28 g/l
4-Nonifenol <sup>2</sup>	$10^2$	$10^3$	$5 \times 10^3$	$10^5$	6 mg/l
Eritromicina <sup>1</sup>	10	$10^2$	$10^4$	$10^5$	1 g/l
Ibuprofeno <sup>1</sup>	$10^2$	$10^3$	$5 \times 10^3$	$10^6$	6 mg/l
PFOA-PFOS <sup>3</sup>	$10^{-1}$	1	10	Não tóxico	10 g/l
Sucralose <sup>1</sup>	$10^2$	$10^4$	$10^6$	Não tóxico	280 g/l

<sup>1</sup>Fabricante: Sigma Life Science

<sup>2</sup>Fabricante: Fluka Analytical

<sup>3</sup>Fabricante: Welington Laboratories

Os micropoluentes foram estudados isoladamente, com exceção do PFOA e do PFOS que por serem da mesma família (compostos perfluorados) foram injetados juntos nos reatores. Todos os reatores permaneceram com aeração difusa durante as vinte e quatro horas de análise.

### 4.3 COLETA DO MATERIAL

Amostras de 20 ml foram coletadas durante as vinte e quatro horas de monitoramento, mais precisamente nas primeiras oito horas e nas três horas finais. Imediatamente após a injeção dos micropoluentes, fez-se a primeira coleta. Ao completar uma hora de reação tem-se a segunda amostra e todas as coletas posteriores foram feitas com intervalos de uma hora e meia, salvo exceções. Logo após as coletas, as amostras foram filtradas com papel filtro qualitativo para eliminar as partículas grosseiras e posteriormente mantidas em conservação em refrigerador a 4 °C até o fim das vinte e quatro horas de tratamento, fazendo com que as reações químicas e biológicas cessassem até a

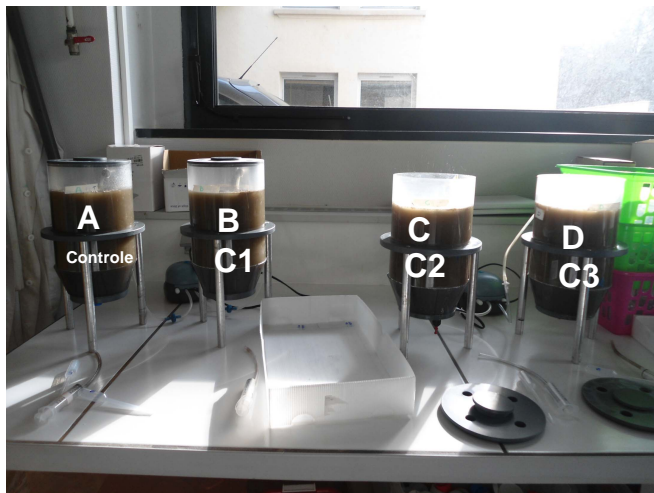


Figura 15 – Reatores utilizados nas análises

efetiva quantificação da DQO e da amônia. As análises tanto de DQO quanto da amônia foram feitas seguindo o *Standard Methods*. Foram realizadas duas leituras para a mesma amostra visando obter uma média e consequentemente diminuir o erro dos valores encontrados.

#### 4.4 ANÁLISE DA DQO

A matéria oxidável contida nas amostras foi oxidada por uma solução contendo uma mistura de uma quantidade conhecida em excesso de dicromato de potássio e de sulfato de mercúrio. O  $\text{Hg}_2\text{SO}_4$  tem a função de eliminar possíveis interferências contidas na amostra, enquanto o dicromato é oxidado e o que foi reduzido é medido no espectrofotômetro.

A reação é realizada em meio extremamente ácido (ácido sulfúrico com a adição de sulfato de prata como catalisador) e em uma temperatura de  $150\text{ }^\circ\text{C}$  durante duas horas. A chapa aquecedora utilizada para aumentar a temperatura das amostras é semelhante a da Figura 16. Após as duas horas de reação, faz-se a leitura da densidade ótica utilizando um espectrofotômetro HACH 2400, como o apresentado na Figura 17. O comprimento de onda utilizado para as leituras é de  $420\text{ nm}$  para concentrações de zero a  $150\text{ mg/L}$  e de  $630\text{ nm}$  para concentrações de zero a  $750\text{ mg/L}$ . Uma vez definida a absorvância da amostra, é possível definir a concentração de DQO.



Figura 16 – Chapa aquecedora utilizada nas análises de DQO. Fonte: Alfakit (2013)



Figura 17 – Espectrofotômetro utilizado para a leitura da DQO e da amônia



## 4.5 ANÁLISE DA AMÔNIA

A amônia foi determinada utilizando o método colorimétrico de Nessler. O reativo Nessler (solução alcalina de tetraiodomercurato (II) de potássio) na presença de íons amônio é decomposto formando iodeto dimercúrioamônio, um precipitado de cor amarelo acastanhado. A intensidade dessa cor foi identificada por espectrofotometria no aparelho HACH 2400 à 425 nm (Figura 17).

## 4.6 ANÁLISE DOS DADOS

As densidades óticas lidas no espectrofotômetro foram lançadas em planilha Excel e utilizando as equações das linhas de tendência dos gráficos da DQO e da amônia, foram encontradas as respectivas concentrações. Estas equações representam as curvas de calibração do aparelho para a DQO e a  $NH_4^+$ . Assim, obteve-se uma linha de tendência sobre a qual é possível relacionar as densidades óticas às concentrações.

As Equações 4.1, 4.2 e 4.3 foram utilizadas neste trabalho a fim de obter as concentrações de DQO e  $NH_4^+$  nas amostras coletadas.

$$[DQO] = 1,179\bar{x} - 113,2 \quad (4.1)$$

onde  $\bar{x}$  representa a média das densidades óticas à 420 nm e  $[DQO]$  é a concentração de DQO na amostra, em mg/l.

$$[DQO] = 2953\bar{y} \quad (4.2)$$

onde  $\bar{y}$  representa a média das densidades óticas à 620 nm.

$$[NH_4^+] = 20\bar{z} - 3,6517 \quad (4.3)$$

onde  $\bar{z}$  representa a média das densidades óticas à 425 nm e  $[NH_4^+]$  é a concentração de amônia na amostra, em mg/l.

Após encontrar as concentrações de DQO e de amônia, foram construídos os gráficos referentes ao tratamento do esgoto durante as vinte e quatro horas do experimento e a partir de então, buscou-se tendências, padrões e relações entre as concentrações estudadas.



## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos mostram que alguns micropoluentes utilizados neste estudo podem prejudicar o tratamento de esgoto. Dentre os oito micropoluentes estudados, cinco não mostraram alterações significativas em relação ao controle, são eles: os compostos perfluorados, o triclosan, o 4-nonilfenol e a ofloxacina. Nas Figuras 24 a 31 percebe-se que a presença destes micropoluentes não alterou o tratamento da matéria orgânica carbonácea e nitrogenada.

Observa-se em todos estes gráficos uma tendência similar ao reator controle. Além disso, percebe-se que as figuras relativas a concentração amoniacal tiveram maior precisão nos valores, sendo praticamente iguais as concentrações obtidas para o reator que não continha micropolvente. Estes são os casos das Figuras 19, 25, 27, 29.

Percebe-se nas Figuras 18, 19, 21, 20, 22 e 23 que o ibuprofeno, a eritromicina e a sucralose influenciaram a degradação da DQO e/ou da amônia.

Nas seções que se seguem, os resultados serão discutidos e uma explicação mais detalhada será apresentada.

Vale destacar que durante todo o período de estudo foram feitas pesquisas bibliográficas a fim de encontrar estudos semelhantes ao aqui realizado. No entanto, a grande maioria dos estudos fazem referência às concentrações dos micropoluentes que são encontradas nos efluentes e nas águas naturais. Existem também alguns estudos publicados que analisam a degradação dos micropoluentes ao longo do tratamento. Com exceção da eritromicina, nenhum trabalho relacionou a presença dos micropoluentes à dificuldade de degradação dos micropoluentes. A falta de trabalhos relacionados a este, restringiu bastante a discussão dos resultados aqui apresentada.

Os resultados obtidos neste estudo foram apresentados sob a forma de um banner no Congresso Internacional *Interfaces Against Pollution 2012* realizado na cidade francesa de Nancy, de 11 a 14 de junho de 2012 (Figura 32).

## 5.1 PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

### 5.1.1 SUCRALOSE

A partir das análises realizadas com a sucralose nos reatores piloto, foi observada uma dificuldade de degradação da DQO para a concentração de  $10^6 \mu\text{g/L}$  (maior concentração estudada), no entanto nenhuma alteração foi observada em relação à eliminação da amônia.

Este resultado foi um tanto quanto surpreendente, pois a sucralose é um composto comumente encontrado no cotidiano das pessoas. A fim de confirmar estes dados as análises foram refeitas e obtiveram-se as Figuras 33 e 34, confirmando os resultados anteriormente obtidos.

Percebe-se uma nítida dificuldade de degradação da matéria orgânica no reator que continha a maior concentração de sucralose. Conclui-se portanto que a sucralose possui um impacto sobre a degradação da matéria orgânica, agindo como inibidora no tratamento para a concentração de  $10^6 \mu\text{g/L}$ .

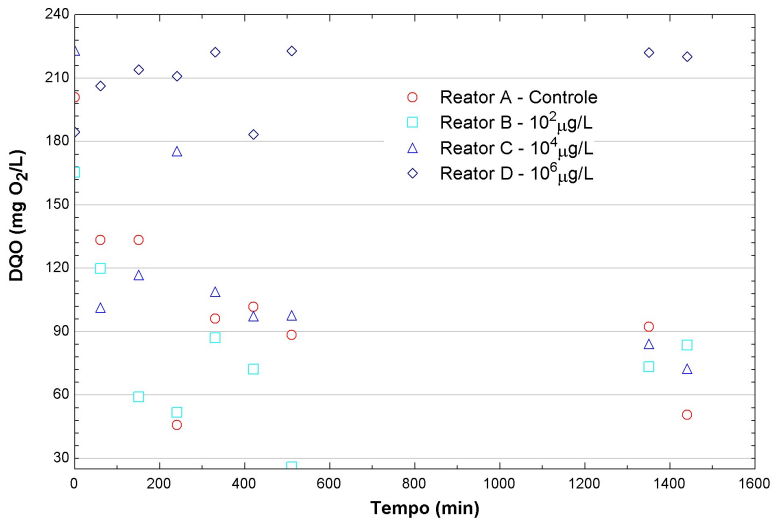


Figura 18 – Demanda química de oxigênio - Sucralose

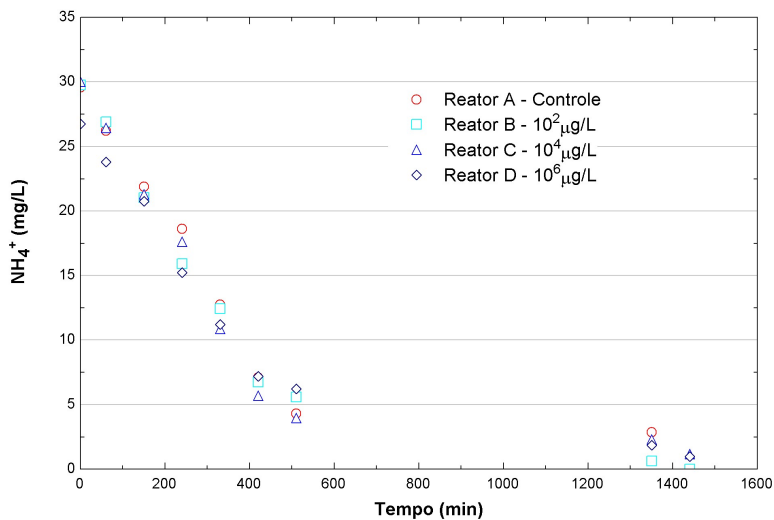


Figura 19 – Amônia - Sucralose

## 5.2 PRODUTOS FARMACÊUTICOS

### 5.2.1 ERITROMICINA

Os valores obtidos mostram que este micropoluente possui um efeito sobre a degradação da matéria orgânica carbonácea e nitrogenada. O mesmo ocorreu nos estudos realizados por Louvet *et al.* (2010b) e Vasquez (2010), nos quais também foi observada uma toxicidade da eritromicina em relação ao  $\text{NH}_4^+$ . Baseando-se na Figura 20, percebe-se uma inibição da nitrificação desde o início do experimento, sendo mais perceptível para a maior concentração,  $10^4 \mu\text{g/L}$ .

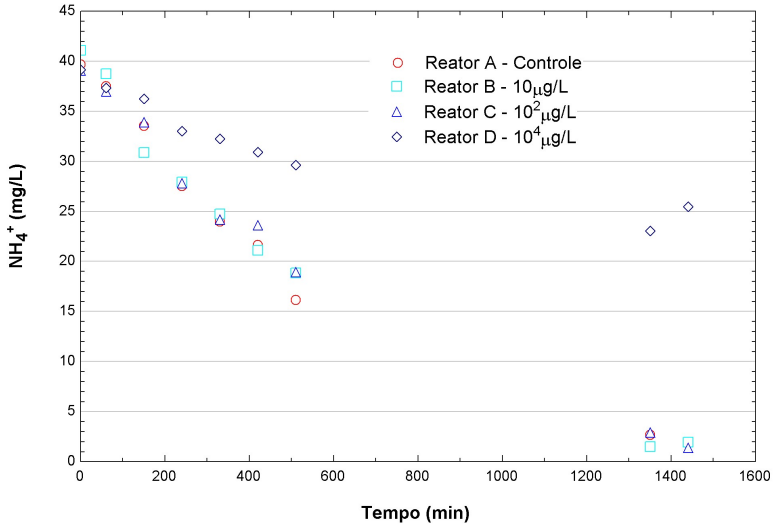


Figura 20 – Amônia - Eritromicina

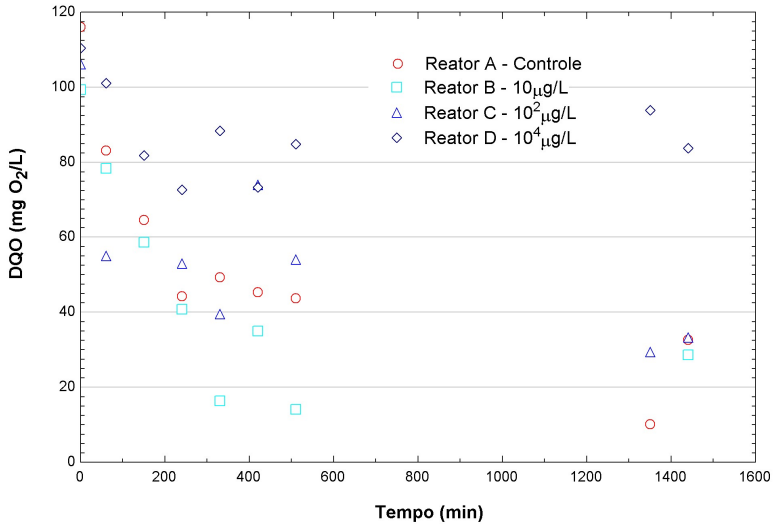


Figura 21 – Demanda química de oxigênio - Eritromicina

Após a consulta da bula deste medicamento (ERITROMICINA, 2013), constatou-se a presença de vários compostos: carbômer 934P, propilparabeno, ácido cítrico monoidratado, sacarose, citrato de sódio dihidratado, cloreto de sódio, corante vermelho FDC n°2, aroma de morango, hidróxido de sódio, metilparabeno, sacarina sódica di-hidratada, simeticona e água purificada. Uma possível explicação para o que aconteceu com a amônia é que a adição destes compostos pode ter elevado a concentração de  $\text{NH}_4^+$  partindo do princípio que eles se oxidaram e formaram a amônia. Conclui-se assim que para a maior concentração de eritromicina adicionada ao reator houve uma maior produção de amônia e conseqüentemente uma demora maior do tratamento para alcançar os valores finais semelhantes ao controle.

Além disso, a presença de açúcares na composição da eritromicina pode explicar a diminuição da capacidade de degradar a matéria orgânica presente no efluente, semelhante ao que aconteceu com a sucralose (Figura 21).

### 5.2.2 IBUPROFENO

Observa-se na Figura 22 que o ibuprofeno também teve efeito sobre a capacidade de degradação da DQO nas concentrações 1000  $\mu\text{g/L}$  e 5000  $\mu\text{g/L}$ . Conclusão parecida tem-se a partir dos dados obtidos para a amônia. Neste caso, a concentração mais elevada também influenciou negativamente a degradação da matéria nitrogenada.

Este medicamento é composto por: dióxido de titânio, aroma de tutti-frutti, sucralose, polissorbato 80, sorbitol, ácido cítrico, goma xantana, benzoato de sódio, glicerol e água de osmose reversa (IBUPROFENO, 2013). Semelhante ao que ocorreu com a eritromicina, é possível que estes compostos tenham se oxidado, aumentando a concentração de  $\text{NH}_4^+$  e de DQO nos reatores, exigindo assim, mais do tratamento e dificultando a comparação com os outros reatores.

O comportamento da degradação da DQO do reator D pode ser explicado pela presença de sucralose na sua composição pois nos reatores em que foi injetado apenas este açúcar, também houve uma maior dificuldade em degradar a matéria orgânica (Seção 5.1.1).

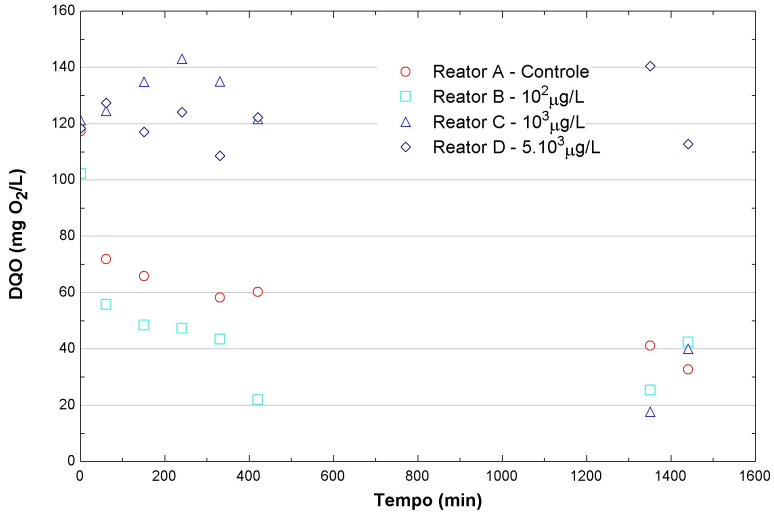


Figura 22 – Demanda química de oxigênio - Ibuprofeno

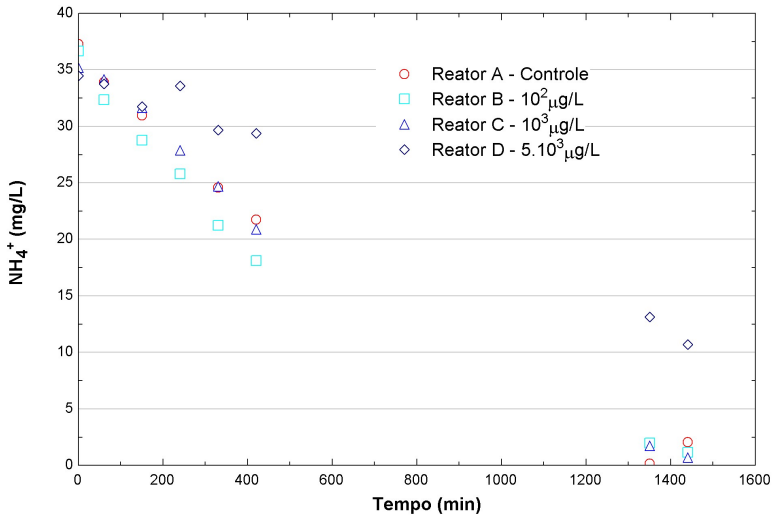


Figura 23 – Amônia - Ibuprofeno



### 5.2.3 OFLOXACINA

Em um primeiro momento, os dados obtidos para a degradação carbônica e nitrogenada na presença da ofloxacina não puderam ser considerados para análise pois não houve uma tendência dos valores, como é possível observar nas Figuras 37 e 38. Por conseguinte, os reatores foram novamente preparados obtendo-se as Figuras 24 e 25.

Como as análises foram feitas durante três meses e em dias aleatórios, percebeu-se uma grande variação nos valores de DQO e amônia encontrados nos experimentos. A DQO variou de 60 a 900 mg/L e a amônia de 25 a 50 mg/L. Esta variação pode ter prejudicado algumas análises, como é o caso da ofloxacina (Figura 24), onde é difícil perceber uma efetiva degradação da matéria orgânica carbonácea. Porém, as concentrações da DQO dos reatores B, C e D praticamente não diferiram do controle (Reator A).

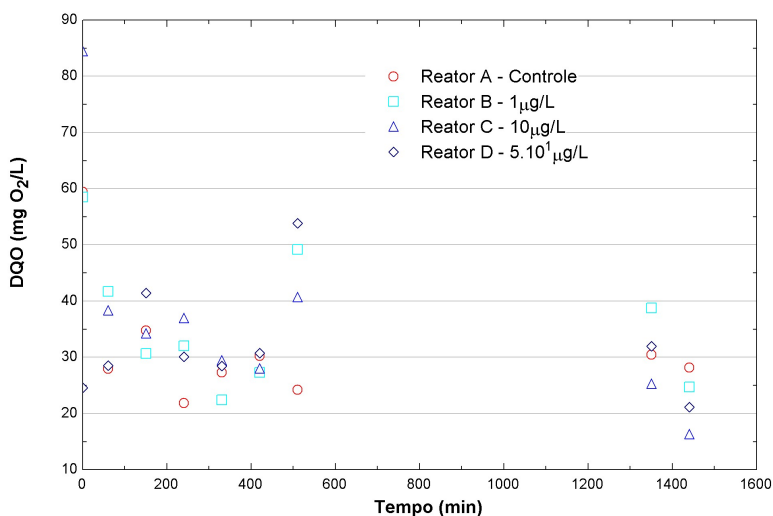


Figura 24 – Demanda química de oxigênio - Ofloxacina

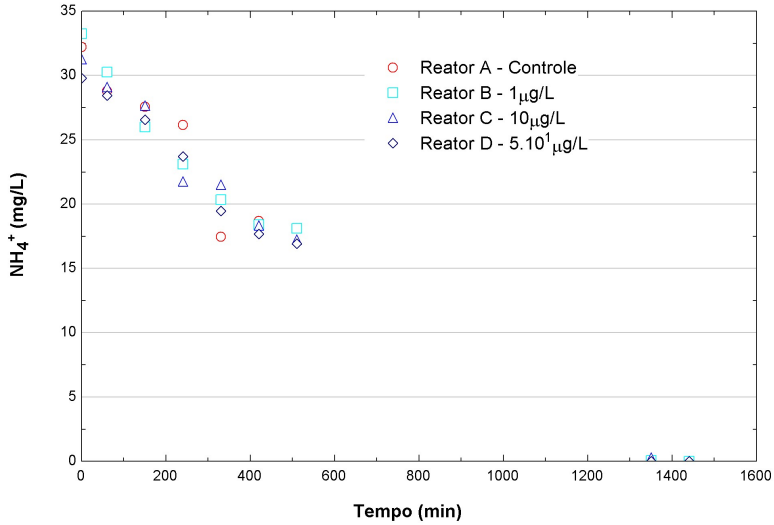


Figura 25 – Amônia - Ofloxacina

### 5.3 COMPOSTOS PERFLUORADOS

As análises dos compostos perfluorados foram feitas em duas séries de manipulação, sendo obtidas as Figuras 26, 27 e 39. Nota-se que em todos os casos, para as concentrações testadas, não houve nenhuma influência na capacidade da biomassa em degradar a DQO e o  $\text{NH}_4^+$ .

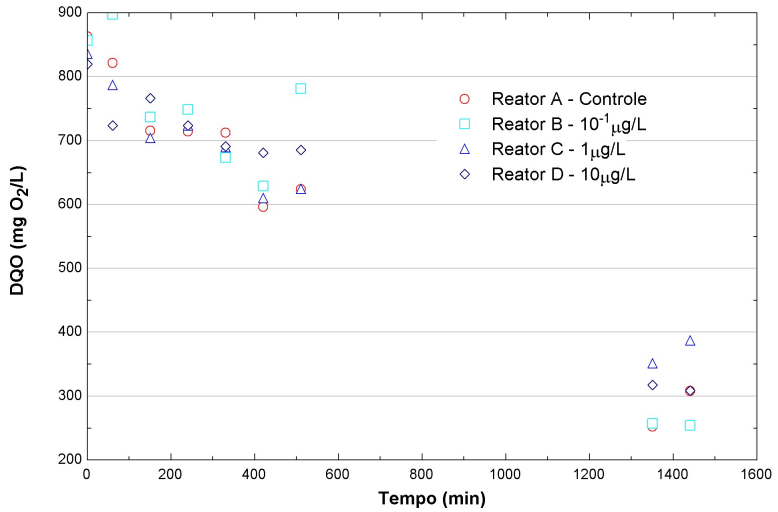


Figura 26 – Demanda química de oxigênio - Compostos perfluorados

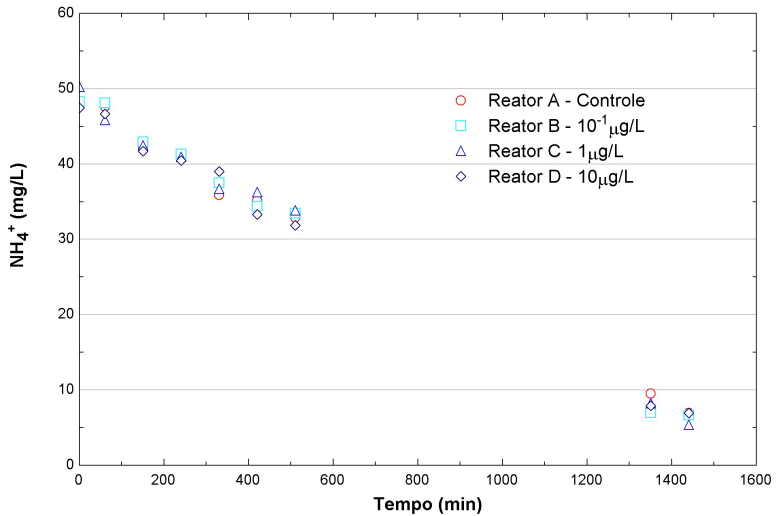


Figura 27 – Amônia - Compostos perfluorados

## 5.4 PRODUTOS DE HIGIENE PESSOAL

### 5.4.1 TRICLOSAN

A concentração máxima de triclosan utilizada neste estudo foi igual ao limite de sua toxicidade. Mesmo assim, não houveram alterações na degradação da matéria orgânica carbonácea e nem nitrogenada como mostram as Figuras 28 e 29.

Com a finalidade de validar os dados obtidos repetiram-se as análises, encontrando os dados contidos nas Figuras 40 e 41. Assim, obteve-se a confirmação que a presença do triclosan não prejudicou o tratamento.

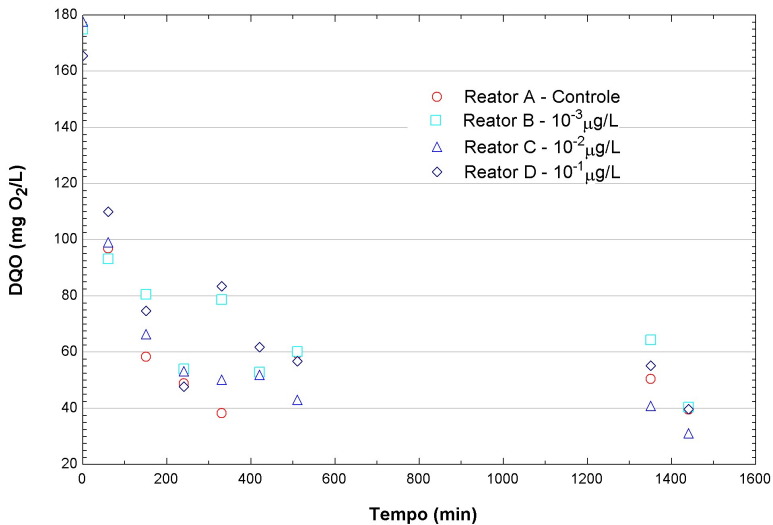


Figura 28 – Demanda química de oxigênio - Triclosan

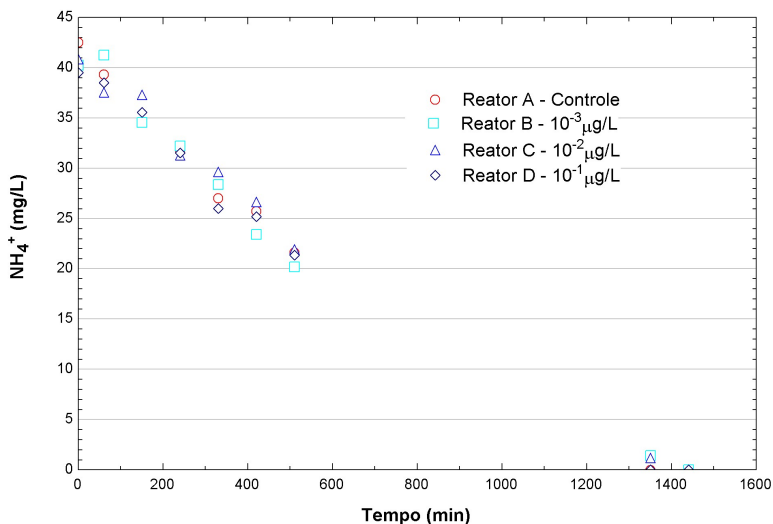


Figura 29 – Amônia - Triclosan

## 5.5 PRODUTOS DE LIMPEZA

### 5.5.1 4-NONILFENOL

A primeira análise realizada com o 4-nonilfenol não apresentou diferença significativa em relação ao controle, no entanto também não se observa um efetivo tratamento nos quatro reatores (Figuras 42 e 43). Assim, os reatores foram novamente preparados e as análises refeitas obtendo-se as Figuras 30 e 31.

A disposição dos pontos nestas figuras mostra que a presença do 4-nonilfenol não influencia no tratamento da DQO e da amônia.

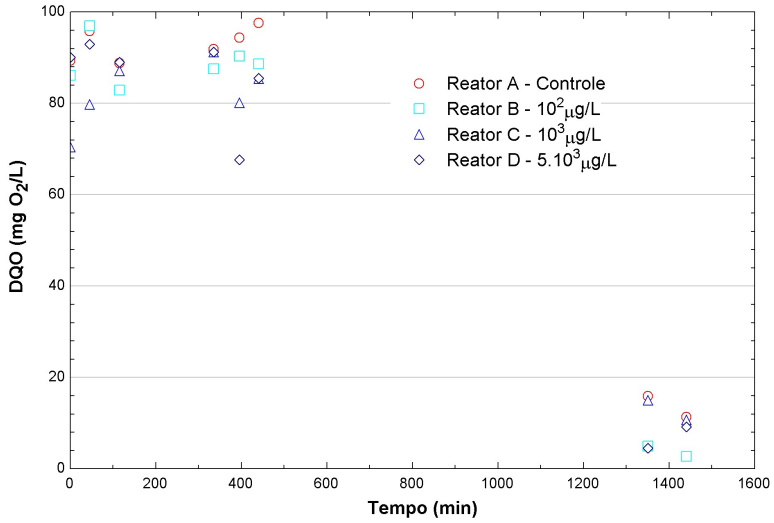


Figura 30 – Demanda química de oxigênio - 4-Nonilfenol

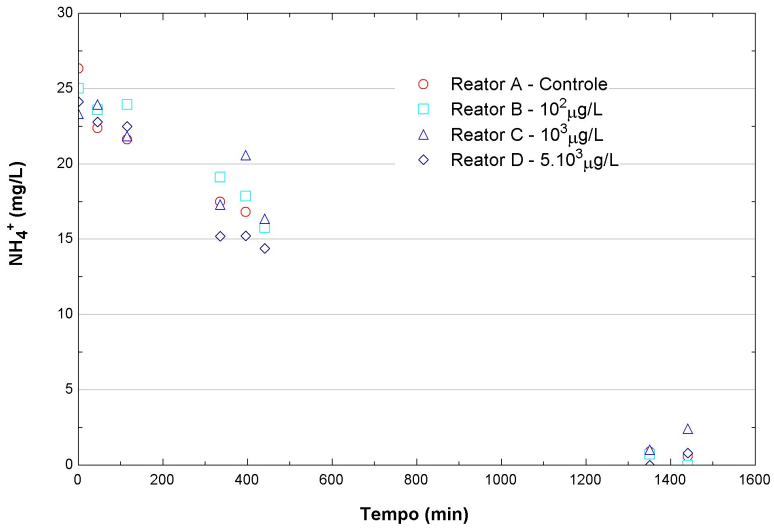


Figura 31 – Amônia - 4-Nonilfenol

## 6 CONCLUSÃO

Após os estudos realizados neste trabalho, é possível concluir que:

- A sucralose, a eritromicina e o ibuprofeno se apresentaram tóxicos aos microrganismos presentes nos lodos ativados para as máximas concentrações estudadas;
- A sucralose, a eritromicina e o ibuprofeno interferiram negativamente na degradação da matéria orgânica carbonácea e/ou nitrogenada para as máximas concentrações estudadas;
- A ofloxacina, o triclosan, os compostos perfluorados e o 4-nonilfenol, não apresentaram nenhuma alteração aparente em relação ao controle para todas as concentrações estudadas;
- Foi possível observar que mesmo em concentrações consideradas não tóxicas, alguns micropoluentes podem ter impacto sobre a atividade biológica do tratamento de lodos ativados. Este foi o caso da eritromicina e do ibuprofeno que causaram alterações no tratamento da DQO e da amônia quando injetados nas maiores concentrações em análise, 10 mg/l e 5 mg/l respectivamente.





## 7 RECOMENDAÇÕES

Este trabalho teve como foco apenas a macropoluição em termos da DQO e da amônia. Existem muitos outros parâmetros que não foram analisados e que podem ter influenciado no tratamento. Assim, recomenda-se para os próximos trabalhos, fazer um estudo envolvendo mais parâmetros físico-químicos a fim de obter um conhecimento mais amplo do que acontece durante o tratamento.

Na discussão deste trabalho supôs-se que a adição de alguns micropoluentes nos reatores aumentou a concentração do íon  $NH_4^+$ . Para os futuros trabalhos sugere-se a realização de análises a fim de confirmar o que foi adotado neste trabalho.

Além disso, sugere-se que para os próximos estudos a pesquisa seja ampliada a fim de avaliar o comportamento da micropoluição, analisando por exemplo se os micropoluentes injetados são removidos ao longo do tratamento ou não.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMAQ, S. *Sistema Abimaq*. 2013. Disponível em: <[http://www-b2babimaq.com.br/](http://www.b2babimaq.com.br/)>. Acesso em: 5 de junho de 2013.
- ALFAKIT. *Alfakit*. 2013. Disponível em: <<http://www.alfakit.ind.br/>>. Acesso em: 11 de junho de 2013.
- ALIGHARDASHI, A.; PONS, M.; POTIER, O. Présence et devenir des médicaments dans les eaux usées urbaines, une analyse bibliographique. *Revue des Sciences de l'Eau*, v. 21, n. 4, p. 413–426, 2008.
- BRUGNERA, V. F.; BARUFFI, R.; PANATTO, E. Utilização dos adoçantes durante a gestão e lactação. *Revista Eletrônica Multidisciplinar Pindorama do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia*, n. 02, 2012.
- CARBALLA, M.; OMIL, F.; ALDER, S.; LEMA, J. Comparison between the conventional anaerobic digestion of sewage sludge and its combination with a chemical or thermal pre-treatment concerning the removal of pharmaceuticals and personal care products. *Water Sci. Technol.*, v. 53, p. 109–117, 2006.
- CARBALLA, M.; OMIL, F.; LEMA, J. Removal of cosmetic ingredients and pharmaceuticals in sewage primary treatment. *Water Research*, v. 39, n. 19, p. 4790–4796, 2005.
- ERITROMICINA. *Eritrex*. Guarulhos: Aché Laboratórios Farmacêuticos S.A., 2013. Bula de remédio.
- FDA. Food additives permitted for direct addition to food for human consumption: sucralose. *Federal Regist.*, v. 63, n. 64, p. 16417–16433, 1998.
- FORTH, W.; HENSCHLER, D.; STARKE, W. *Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. 6. ed. [S.l.]: Wissenschaftsverlag Mannheim/Leipzig/Vienna/Zurich, 1992.
- HELLSTRÖM, D. Exergy analysis of nutrient recovery processes. *Water Science and Technology*, v. 48 (1), p. 27–36, 2003.
- HILTON, M.; THOMAS, K. Determination of selected human pharmaceutical compounds in effluents and surface water samples by high performance

liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Cromatography*, v. 1015, p. 129–141, 2003.

HIRSCH, R.; TERNES, T.; HABERER, K.; KRATZ, K. Occurrence of antibiotics in the aquatic environment. *Science Total Environ.*, v. 225, p. 109–118, 1999.

HOUDE, M.; MARTIN, J.; LETCHER, R.; SOLOMON, K.; MUIR, D. Biological monitoring of polyfluoroalkyl substances: A review. *Environ Sci Technol*, v. 40, p. 3463–3473, 2006.

IBUPROFENO. *Ibuprofeno*. Anápolis: Laboratório Teuto Brasileiro S/A, 2013. Bula de remédio.

IMHOFF, K. Die entwicklung der abwasserreinigung und des gewasserschutzter seit 1868. *Das Gas und Wasserfach*, v. 120, p. 563–576, 1979.

INDUSTRIAL, M. *Mecânica Industrial*. 2013. Disponível em: <<http://www.mecanicaindustrial.com.br/>>. Acesso em: 5 de junho de 2013.

JORDAO, E.; PESSÔA, C. *Tratamento de Esgotos Domésticos*. Rio de Janeiro, Brasil: Editora ABES, 2009.

KANTIANI, L.; FARRÉ, M.; ASPERGER, D.; RUBIO, F.; GONZÁLEZ, S.; ALDA, M. L. de; PETROVIC, M.; SHELVER, W.; BARCELÓ, D. Triclosan and methyl-triclosan monitoring study in the northeast of Spain using a magnetic particle enzyme immunoassay and confirmatory analysis by gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Hydrology*, v. 361, p. 1–9, 2008.

KOIFMAN, S.; PAUMGARTTEN, F. J. R. O impacto dos desreguladores endócrinos ambientais sobre a saúde pública. *Cad. Saúde Pública*, v. 18, n. 2, 2002.

KOLPIN, D.; FURLONG, E.; MEYER, M.; THURMAN, E.; ZAUGG, S.; BARBER, L.; BUXTON, H. Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams. *Environmental Science and Technology*, v. 36, n. 6, p. 1202–1211, 2002.

KRAUSE, L. G. T. *Degradação do antibiótico sulfametoxazol por ozonização e avaliação da atividade antimicrobiana*. Tese (Doutorado em Engenharia Química) — Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009.

LE-MINH, N.; KHAN, S.; DREWES, J.; STUETZ, R. Fate of antibiotics during municipal water recycling treatment process. *Water Research*, v. 44, n. 15, p. 4295–4323, 2010.

LOSS, R.; GAWLIK, B. M.; BOETTCHER, K.; LOCORO, G.; CONTINI, S.; BIDOGLIO, G. Sucralose screening in european surface waters using a solid-phase extraction-liquid chromatography-triple quadrupole mass spectrometry method. *Journal of chromatography A*, v. 1216, p. 1126–1131, 2009.

LOUVET, J.; GIAMMARINO, C.; POTIER, O.; PONS, M. Adverse effects of erythromycin on the structure and chemistry of activated sludge. *Environmental Pollution*, v. 158, p. 688–693, 2010.

LOUVET, J.; HELUIN, Y.; ATTIK, G.; DUMAS, D.; POTIER, O. Assessment of erythromycin toxicity on activated sludge via batch experiments and microscopic techniques (epifluorescence and clsm). *Process Biochemistry*, v. 45, p. 1787–1794, 2010.

MÉNDEZ-ARRIAGA, F.; ESPLUGAS, S.; GIMÉNEZ, J. Degradation of the emerging contaminant ibuprofen in water by photo-fenton. *Water Research*, v. 44, p. 589–595, 2010.

PASQUINI, L.; GORNER, T.; MUNOZ, J.; PONS, M.; BOITEUX, V.; FRANCE, X.; DONATO, P. de. Polluants émergents issus de l'activité domestique dans les eaux urbaines - le cas des composés perfluorés. *TSM: Eaux Urbaines: Contaminations et Milieu Récepteur*, v. 10, p. 26–32, 2011.

PUSCEDDU, F. H. *Avaliação toxicológica do fármaco Triclosan para invertebrados de água doce com ênfase em ensaios com sedimento marcado ("spiked sediment")*. Tese (Mestrado em ciências na área de tecnologia nuclear - Materiais) — Instituto de pesquisas energéticas e nucleares, 2009.

ROCHA, J.; ROSA, A.; CARDOSO, A. *Introdução à química ambiental*. Porto Alegre, Brasil: Editora Bookman, 2004.

SIERM. *Système d'Information sur l'Eau Rhin-Meuse*. 2002. Disponível em: <<http://rhin-meuse.eaufrance.fr/>>. Acesso em: 4 de abril de 2012.

SKUTLAREK, D.; EXNER, M.; FARBER, H. Perfluorinated surfactants in surface and drinking waters. *Environ Sci Pollut Res*, v. 13, p. 299–307, 2006.

SOUZA, N. C. de. *Avaliação de micropoluentes emergentes em esgotos e águas superficiais*. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Ceará, 2011.

STACKELBERG, P. E.; GIBS, J.; FURLONG, E. T.; MEYER, M. T.; ZAUGG, S. D.; LIPPINCOTT, R. L. Efficiency of conventional drinking-water-treatment processes in removal of pharmaceuticals and other organic compounds. *Science of the Total Environment*, v. 377, p. 255–272, 2007.

TAKAGI, T.; RAMACHANDRAN, C.; BERMEJO, M.; YAMASHITA, S.; YU, L.; AMIDON, G. A provisional biopharmaceutical classification of the top 200 oral drug products in the united states, great britain, spain, and japan. *Mol. Pharmacol*, v. 3, p. 631–643, 2006.

TERNES, T. *Human pharmaceuticals, hormones and fragrances - The challenge of micropollutants in urban water management*. Cornwall, United Kingdom: Publishing IWA, 2006.

THOMAS, K. V.; HILTON, M. J. The occurrence of selected human pharmaceutical compounds in uk estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, v. 49, p. 436–444, 2004.

TORRES, C. I.; RAMAKRISHNA, S.; CHIU, C.-A.; NELSON katherine G.; WESTERHOFF, P.; KRAJMALNIK-BROWN, R. Fate of sucralose during wastewater treatment. *Environmental engineering science*, v. 28, n. 5, p. 325–331, 2011.

VASQUEZ, A. C. A. *Substances polymeriques extracellulaires dans les procédés de traitement des eaux usées*. Tese (Doutorado em Geociências) — Institut National Polytechnique de Lorraine, 2010.

WENNMALM, A.; GUNNARSSON, B. Public health care management of water pollution with pharmaceuticals: Environmental classification and analysis of pharmaceutical residues in sewage water. *Drug Information Journal*, v. 39, p. 292–297, 2005.

## APÊNDICE A

### DADOS OBTIDOS NAS ANÁLISES

Neste apêndice estão detalhados os valores encontrados nas análises realizadas. Estes foram os dados que originaram os gráficos apresentados ao longo deste trabalho.

Tabela 2 – Resultados para o ibuprofeno - DQO

Controle - Reator A					Reator B			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	A0	197,90	193,50	117,53	B0	189,90	175,60	102,26
1h00	A1	155,30	159,00	72,08	B1	142,70	144,00	55,81
2h30	A2	152,70	151,40	66,07	B2	137,30	137,10	48,56
4h00	A3	139,00	133,70	47,56	B3	139,20	133,10	47,32
5h30	A4	145,90	145,10	58,34	B4	132,50	133,20	43,43
7h00	A5	147,10	147,40	60,41	B5	113,40	115,80	21,91
22h30	A6	132,20	129,90	41,31	B6	118,00	117,00	25,33
24h00	A7	126,80	121,00	32,88	B7	127,90	136,10	42,43
Reator C					Reator D			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	C0	198,60	199,10	121,24	D0	191,20	201,70	118,41
1h00	C1	203,30	200,10	124,60	D1	204,30	203,80	127,37
2h30	C2	208,50	212,30	134,86	D2	190,40	200,20	117,06
4h00	C3	216,70	218,10	143,11	D3	203,70	198,90	124,13
5h30	C4	213,40	207,80	135,10	D4	186,30	190,00	108,63
7h00	C5	198,40	200,10	121,72	D5	209,30	190,20	122,31
22h30	C6	107,20	114,80	17,67	D6	213,80	216,50	140,46
24h00	C7	128,80	131,20	40,07	D7	195,40	188,00	112,81

Tabela 3 – Resultados para o ibuprofeno - amônia

Controle - Reator A				Reator B				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	A0	0,54	0,49	37,32	B0	0,49	0,51	36,66
1h00	A1	0,46	0,47	33,92	B1	0,48	0,41	32,35
2h30	A2	0,42	0,43	31,00	B2	0,39	0,40	28,78
4h00	A3	0,35	0,35	25,82	B3	0,34	0,37	25,78
5h30	A4	0,33	0,34	24,61	B4	0,29	0,30	21,25
7h00	A5	0,31	0,29	21,76	B5	0,24	0,26	18,11
22h30	A6	0,00	0,01	0,18	B6	0,03	0,03	1,97
24h00	A7	0,03	0,03	2,08	B7	0,01	0,02	1,13

Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	C0	0,48	0,48	35,20	D0	0,47	0,48	34,47
1h00	C1	0,46	0,48	34,14	D1	0,46	0,46	33,74
2h30	C2	0,44	0,43	31,62	D2	0,44	0,43	31,73
4h00	C3	0,38	0,39	27,86	D3	0,45	0,47	33,60
5h30	C4	0,33	0,35	24,69	D4	0,41	0,40	29,65
7h00	C5	0,29	0,28	20,89	D5	0,41	0,40	29,40
22h30	C6	0,02	0,03	1,72	D6	0,17	0,19	13,15
24h00	C7	0,01	0,01	0,69	D7	0,15	0,15	10,70

Tabela 4 – Resultados para o ofloxacina - DQO

Controle - Reator A				Reator B				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	A0	146,60	146,40	59,52	B0	148,10	143,20	58,52
1h00	A1	123,10	116,50	28,04	B1	132,00	130,80	41,72
2h30	A2	124,20	126,90	34,82	B2	123,20	120,90	30,70
4h00	A3	116,30	112,90	21,91	B3	122,90	123,50	32,05
5h30	A4	119,80	118,70	27,40	B4	114,50	115,60	27,28
7h00	A5	123,60	119,80	30,28	B5	122,90	115,40	18,11
8h30	A6	114,60	118,60	24,27	B6	138,10	137,40	49,21
22h30	A7	122,90	120,90	30,52	B7	128,40	129,40	38,77
24h00	A8	123,00	116,90	28,22	B8	117,50	116,40	24,68

Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	C0	168,10	168,10	84,99	D0	120,10	113,60	24,57
1h00	C1	129,30	127,80	38,36	D1	122,60	117,80	28,52
2h30	C2	126,90	123,20	34,23	D2	129,00	133,30	41,43
4h00	C3	127,00	127,80	37,00	D3	121,10	122,00	30,11
5h30	C4	126,70	115,30	29,46	D4	118,60	121,70	28,46
7h00	C5	121,20	118,30	27,99	D5	123,00	121,20	30,76
8h30	C6	133,20	127,90	40,72	D6	143,30	140,00	53,81
22h30	C7	117,20	117,70	25,27	D7	122,90	123,30	31,93
24h00	C8	107,00	112,70	16,31	D8	111,50	116,40	21,15



Tabela 5 – Resultados para o ofloxacina - amônia

Controle - Reator A					Reator B			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	A0	0,44	0,44	32,28	B0	0,44	0,47	33,23
1h00	A1	0,40	0,39	28,81	B1	0,41	0,42	30,27
2h30	A2	0,37	0,38	27,61	B2	0,35	0,37	26,00
4h00	A3	0,38	0,34	26,18	B3	0,31	0,32	23,12
5h30	A4	0,28	0,20	17,49	B4	0,28	0,28	20,34
7h00	A5	0,26	0,25	18,70	B5	0,25	0,25	18,40
8h30	A6	0,25	0,25	18,15	B6	0,26	0,24	18,11
22h30	A7	0,00	0,00	0,00	B7	0,00	0,00	0,07
24h00	A8	0,00	0,00	0,00	B8	0,00	0,00	0,00

Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	C0	0,43	0,42	31,26	D0	0,41	0,41	29,80
1h00	C1	0,40	0,40	29,10	D1	0,39	0,39	28,45
2h30	C2	0,38	0,38	27,64	D2	0,36	0,36	26,55
4h00	C3	0,30	0,30	21,76	D3	0,34	0,31	23,70
5h30	C4	0,30	0,29	21,51	D4	0,27	0,27	19,46
7h00	C5	0,26	0,24	18,33	D5	0,24	0,24	17,67
8h30	C6	0,24	0,23	17,24	D6	0,23	0,23	16,91
22h30	C7	0,00	0,01	0,29	D7	0,00	0,00	0,00
24h00	C8	0,00	0,00	0,00	D8	0,00	0,00	0,00

Tabela 6 – Resultados para o triclosan - DQO

Controle - Reator A					Reator B			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	A0	238,30	251,40	175,48	B0	245,10	243,80	175,01
1h00	A1	174,20	182,40	97,02	B1	172,30	177,90	93,24
2h30	A2	145,00	146,10	58,40	B2	164,50	164,20	80,57
4h00	A3	137,20	137,90	48,97	B3	139,10	144,50	53,98
5h30	A4	130,30	126,90	38,42	B4	159,50	165,90	78,62
7h00	A5	138,90	142,90	52,92	B5	140,00	141,70	52,86
8h30	A6	151,90	141,20	59,58	B6	147,90	146,20	60,17
22h30	A7	137,70	140,00	50,50	B7	150,50	150,70	64,36
24h00	A8	129,00	130,40	39,72	B8	131,60	128,90	40,36

Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	C0	242,30	251,20	177,72	D0	234,00	238,80	165,52
1h00	C1	177,40	182,60	99,02	D1	187,20	191,50	110,04
2h30	C2	153,10	151,50	66,36	D2	166,50	152,30	74,73
4h00	C3	142,50	139,80	53,22	D3	135,20	137,70	47,67
5h30	C4	137,10	140,00	50,15	D4	166,00	167,60	83,46
7h00	C5	137,30	142,80	51,92	D5	151,80	145,00	61,76
8h30	C6	132,60	132,40	43,02	D6	144,60	143,60	56,69
22h30	C7	129,40	131,90	40,84	D7	144,20	141,50	55,22
24h00	C8	119,90	124,80	31,05	D8	134,50	124,70	39,60

Tabela 7 – Resultados para o triclosan - amônia

Controle - Reator A					Reator B			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	A0	0,60	0,56	42,54	B0	0,55	0,55	40,24
1h00	A1	0,54	0,54	39,37	B1	0,56	0,57	41,23
2h30	A2	0,48	0,47	34,55	B2	0,48	0,47	34,55
4h00	A3	0,45	0,43	31,81	B3	0,44	0,44	32,21
5h30	A4	0,37	0,37	27,02	B4	0,38	0,39	28,37
7h00	A5	0,36	0,35	25,74	B5	0,32	0,33	23,41
8h30	A6	0,29	0,30	21,62	B6	0,27	0,28	20,19
22h30	A7	0,00	0,00	0,00	B7	0,01	0,03	1,42
24h00	A8	0,00	0,00	0,00	B8	0,00	0,00	0,00

Reator C					Reator D			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	C0	0,57	0,55	40,83	D0	0,54	0,54	39,51
1h00	C1	0,52	0,51	37,54	D1	0,53	0,52	38,49
2h30	C2	0,51	0,51	37,28	D2	0,49	0,49	35,57
4h00	C3	0,43	0,42	31,30	D3	0,42	0,45	31,51
5h30	C4	0,42	0,39	29,62	D4	0,36	0,35	26,00
7h00	C5	0,38	0,35	26,62	D5	0,35	0,34	25,20
8h30	C6	0,30	0,30	21,91	D6	0,28	0,30	21,36
22h30	C7	0,01	0,02	1,17	D7	0,00	0,00	0,00
24h00	C8	0,00	0,00	0,00	D8	0,00	0,00	0,00

Tabela 8 – Resultados para o eritromicina - DQO

Controle - Reator A					Reator B			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	A0	195,80	193,30	116,17	B0	178,50	182,00	99,31
1h00	A1	164,20	168,90	83,16	B1	158,30	166,60	78,33
2h30	A2	150,10	151,60	64,65	B2	144,10	147,40	58,64
4h00	A3	132,60	134,60	44,31	B3	129,80	131,50	40,84
5h30	A4	137,80	138,10	49,44	B4	109,90	109,90	16,37
7h00	A5	132,80	136,20	45,38	B5	125,30	126,00	34,94
8h30	A6	133,50	132,80	43,78	B6	108,80	107,20	14,13
22h30	A7	104,00	105,30	10,18	B7	92,20	91,00	-5,20
24h00	A8	125,90	121,70	32,76	B8	123,00	117,50	28,57

Reator C					Reator D			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	C0	186,00	186,10	106,15	D0	191,00	188,40	110,46
1h00	C1	143,10	142,30	55,04	D1	181,60	181,80	101,02
2h30	C2	58,00	57,50	-45,11	D2	161,60	169,20	81,81
4h00	C3	141,00	140,80	52,92	D3	160,50	154,80	72,67
5h30	C4	133,70	125,30	39,48	D4	172,60	169,30	88,35
7h00	C5	164,00	153,40	73,91	D5	160,60	155,80	73,32
8h30	C6	143,10	140,60	54,04	D6	171,90	164,00	84,81
22h30	C7	119,90	122,00	29,40	D7	175,30	175,90	93,83
24h00	C8	124,70	123,70	33,23	D8	166,00	168,00	83,69

Tabela 9 – Resultados para o eritromicina - amônia

Controle - Reator A				Reator B				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	A0	0,55	0,54	39,73	B0	0,54	0,59	41,08
1h00	A1	0,52	0,51	37,54	B1	0,53	0,53	38,74
2h30	A2	0,46	0,46	33,60	B2	0,42	0,42	30,89
4h00	A3	0,38	0,38	27,57	B3	0,38	0,38	27,94
5h30	A4	0,32	0,34	24,03	B4	0,35	0,33	24,76
7h00	A5	0,30	0,29	21,65	B5	0,30	0,28	21,11
8h30	A6	0,22	0,23	16,18	B6	0,26	0,26	18,84
22h30	A7	0,02	0,05	2,70	B7	0,02	0,03	1,50
24h00	A8	0,03	0,03	1,86	B8	0,03	0,02	1,94

Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	C0	0,54	0,53	39,07	D0	0,54	0,54	39,15
1h00	C1	0,51	0,50	36,96	D1	0,51	0,52	37,32
2h30	C2	0,46	0,47	33,89	D2	0,50	0,49	36,22
4h00	C3	0,38	0,38	27,83	D3	0,45	0,45	33,01
5h30	C4	0,33	0,33	24,17	D4	0,45	0,44	32,24
7h00	C5	0,32	0,33	23,63	D5	0,42	0,43	30,93
8h30	C6	0,26	0,26	18,92	D6	0,41	0,40	29,62
22h30	C7	0,05	0,03	2,92	D7	0,31	0,32	23,04
24h00	C8	0,02	0,02	1,39	D8	0,36	0,34	25,45

Tabela 10 – Resultados para o nonilfenol - DQO

Controle - Reator A				Reator B				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	A0	170,40	173,30	89,41	B0	167,00	171,10	86,11
0h45	A1	177,40	177,30	95,90	B1	177,90	178,60	96,96
1h55	A2	175,70	167,10	88,88	B2	167,00	165,60	82,87
5h35	A3	171,80	176,10	91,89	B3	171,70	168,80	87,52
6h35	A4	178,20	174,00	94,42	B4	174,50	170,80	90,35
7h20	A5	180,20	177,50	97,66	B5	171,00	171,30	88,59
22h30	A6	109,50	109,60	15,96	B6	101,20	99,20	4,94
24h00	A7	106,40	105,00	11,42	B7	97,20	99,40	2,70

Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	C0	151,60	159,90	70,43	D0	172,70	172,10	90,06
0h45	C1	162,60	164,70	79,74	D1	176,30	173,30	92,89
1h55	C2	169,20	170,60	87,11	D2	170,20	172,80	89,00
5h35	C3	172,40	174,30	91,18	D3	173,20	173,50	91,18
6h35	C4	164,90	163,00	80,10	D4	169,00	137,80	67,66
7h20	C5	170,60	166,20	85,34	D5	169,10	167,90	85,46
22h30	C6	108,30	109,20	15,02	D6	102,50	97,20	4,52
24h00	C7	103,90	106,20	10,65	D7	102,60	104,90	9,12

Tabela 11 – Resultados para o nonilfenol - amônia

Controle - Reator A				Reator B				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	A0	0,36	0,36	26,26	B0	0,34	0,34	25,01
0h45	A1	0,31	0,31	22,42	B1	0,32	0,32	23,59
1h55	A2	0,30	0,30	21,65	B2	0,33	0,32	23,96
5h35	A3	0,25	0,24	17,53	B3	0,25	0,27	19,13
6h35	A4	0,23	0,23	16,83	B4	0,24	0,25	17,86
7h20	A5	0,21	0,23	15,92	B5	0,22	0,21	15,78
22h30	A6	0,03	0,00	0,91	B6	0,01	0,01	0,73
24h00	A7	0,01	0,00	0,62	B7	0,00	0,00	0,00
Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	C0	0,32	0,32	23,33	D0	0,33	0,33	24,14
0h45	C1	0,33	0,33	23,96	D1	0,31	0,31	22,79
1h55	C2	0,30	0,30	21,84	D2	0,31	0,31	22,79
5h35	C3	0,24	0,23	17,31	D3	0,21	0,21	22,49
6h35	C4	0,28	0,29	20,60	D4	0,21	0,21	15,19
7h20	C5	0,23	0,22	16,36	D5	0,20	0,20	14,39
22h30	C6	0,02	0,01	1,02	D6	0,00	0,00	0,00
24h00	C7	0,03	0,04	2,41	D7	0,01	0,01	0,80

Tabela 12 – Resultados para o PFOA-PFOS - DQO

Controle - Reator A				Reator B				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	A0	0,30	0,29	863,75	B0	0,29	0,29	856,37
1h00	A1	0,28	0,28	822,41	B1	0,30	0,31	897,71
2h30	A2	0,24	0,25	716,10	B2	0,25	0,25	736,77
4h00	A3	0,24	0,24	714,63	B3	0,27	0,24	748,59
5h30	A4	0,24	0,25	713,15	B4	0,23	0,23	673,28
7h00	A5	0,20	0,21	596,51	B5	0,21	0,22	628,99
8h30	A6	0,20	0,22	624,56	B6	0,25	0,28	781,07
22h30	A7	0,08	0,09	252,48	B7	0,09	0,09	256,91
24h00	A8	0,11	0,10	308,59	B8	0,09	0,09	253,96
Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	C0	0,29	0,28	835,70	D0	0,28	0,27	819,46
1h00	C1	0,27	0,27	786,97	D1	0,25	0,24	723,49
2h30	C2	0,24	0,23	704,29	D2	0,26	0,26	766,30
4h00	C3	0,24	0,25	723,49	D3	0,24	0,25	723,49
5h30	C4	0,24	0,23	689,53	D4	0,23	0,24	691,00
7h00	C5	0,20	0,21	609,79	D5	0,24	0,22	680,67
8h30	C6	0,21	0,22	624,56	D6	0,24	0,22	685,10
22h30	C7	0,12	0,12	351,41	D7	0,11	0,10	317,45
24h00	C8	0,13	0,13	386,84	D8	0,11	0,10	308,59

Tabela 13 – Resultados para o PFOA-PFOS - amônia

Controle - Reator A					Reator B			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	A0	0,67	0,66	48,39	B0	0,66	0,66	48,28
1h00	A1	0,66	0,64	47,65	B1	0,65	0,67	48,09
2h30	A2	0,58	0,57	42,03	B2	0,59	0,58	42,94
4h00	A3	0,57	0,56	41,41	B3	0,57	0,56	41,34
5h30	A4	0,50	0,49	35,97	B4	0,53	0,50	37,50
7h00	A5	0,49	0,48	35,17	B5	0,47	0,47	34,40
8h30	A6	0,45	0,45	32,94	B6	0,45	0,47	33,45
22h30	A7	0,14	0,12	9,60	B7	0,09	0,10	6,97
24h00	A8	0,09	0,10	7,01	B8	0,09	0,09	6,68

Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	C0	0,72	0,66	50,25	D0	0,64	0,66	47,47
1h00	C1	0,62	0,63	45,83	D1	0,63	0,65	46,67
2h30	C2	0,59	0,57	42,47	D2	0,57	0,58	41,70
4h00	C3	0,56	0,56	40,94	D3	0,55	0,56	40,46
5h30	C4	0,50	0,50	36,70	D4	0,51	0,56	39,00
7h00	C5	0,50	0,49	36,26	D5	0,46	0,46	33,30
8h30	C6	0,46	0,46	33,85	D6	0,44	0,44	31,88
22h30	C7	0,10	0,13	8,22	D7	0,11	0,11	7,92
24h00	C8	0,07	0,08	5,37	D8	0,10	0,09	6,94

Tabela 14 – Resultados para o sucralose - DQO

Controle - Reator A					Reator B			
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	A0	271,30	261,70	201,00	B0	232,30	240,40	165,46
1h00	A1	213,60	204,90	133,51	B1	198,20	197,10	119,83
2h30	A2	208,80	209,70	133,51	B2	143,30	148,90	59,05
4h00	A3	135,00	135,20	46,08	B3	143,40	136,50	51,80
5h30	A4	175,10	180,20	96,25	B4	166,40	173,20	86,99
7h00	A5	179,40	185,70	102,03	B5	158,10	156,50	72,26
8h30	A6	168,90	173,50	88,64	B6	113,70	122,30	25,92
22h30	A7	175,90	173,00	92,48	B7	159,90	156,70	73,44
24h00	A8	139,10	139,30	50,92	B8	170,60	163,30	83,63

Reator C				Reator D				
Tempo de reação	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		DQO (mg/l)
0h00	C0	284,10	286,20	222,99	D0	255,40	249,70	184,56
1h00	C1	181,00	182,90	101,32	D1	268,90	272,90	206,19
2h30	C2	193,40	196,60	116,71	D2	278,90	276,10	213,97
4h00	C3	250,80	238,90	175,48	D3	279,70	270,00	210,85
5h30	C4	185,60	191,10	108,86	D4	282,20	286,70	222,17
7h00	C5	180,90	176,20	97,31	D5	263,30	239,80	183,38
8h30	C6	181,80	175,80	97,61	D6	280,60	289,30	222,76
22h30	C7	172,80	162,00	84,16	D7	287,10	281,50	221,99
24h00	C8	157,80	157,20	72,49	D8	302,20	263,30	220,16

Tabela 15 – Resultados para o sucralose - amônia

Tempo de reação	Controle - Reator A				Reator B			
	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	A0	0,40	0,41	29,62	B0	0,40	0,41	29,76
1h00	A1	0,37	0,35	26,26	B1	0,35	0,39	26,91
2h30	A2	0,31	0,29	21,91	B2	0,30	0,28	21,03
4h00	A3	0,24	0,27	18,66	B3	0,21	0,22	15,92
5h30	A4	0,18	0,18	12,78	B4	0,17	0,17	12,42
7h00	A5	0,10	0,10	7,12	B5	0,09	0,09	6,76
8h30	A6	0,06	0,06	4,35	B6	0,08	0,08	5,59
22h30	A7	0,05	0,03	2,88	B7	0,02	0,00	0,62
24h00	A8	0,00	0,00	0,00	B8	0,00	0,00	0,00

Tempo de reação	Reator C				Reator D			
	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)	Nome da amostra	Densidade ótica		Amônia (mg/l)
0h00	C0	0,41	0,41	30,02	D0	0,37	0,36	26,73
1h00	C1	0,36	0,37	26,44	D1	0,33	0,32	23,81
2h30	C2	0,30	0,29	21,29	D2	0,28	0,28	20,74
4h00	C3	0,25	0,23	17,60	D3	0,21	0,21	15,23
5h30	C4	0,15	0,15	10,85	D4	0,16	0,15	11,21
7h00	C5	0,08	0,08	5,70	D5	0,09	0,10	7,19
8h30	C6	0,05	0,05	3,94	D6	0,08	0,09	6,21
22h30	C7	0,04	0,02	2,30	D7	0,02	0,03	1,86
24h00	C8	0,02	0,01	1,17	D8	0,01	0,01	0,99

## **APÊNDICE B**

### **BANNER APRESENTADO NO CONGRESSO INTERNACIONAL IAP 2012**

# ACTIVATED SLUDGE BEHAVIOR IN PRESENCE OF HOUSEHOLD MICROPOLLUTANTS

L. Pasquini<sup>1</sup>, L. Hassenboehler<sup>2</sup>, G. Colla<sup>1</sup>, C. Merlin<sup>1</sup>, J.F. Munoz<sup>1</sup>, M.N. Pons<sup>5</sup>, T. Görner<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Lorraine - Laboratoire Environnement et Minéralurgie - UMR 7569, 15 Avenue du Charmois, 54501 Vandœuvre-lès-Nancy cedex, France

<sup>2</sup> GEMCEA, 149 rue Gabriel Péri, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

<sup>3</sup> Université de Lorraine - Laboratoire de Chimie, Physique et Microbiologie pour l'Environnement - UMR 7564, 15 avenue du Charmois, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy, France

<sup>4</sup> Laboratoire d'Hydrologie de Nancy, ANSES, 40 rue Lionnois 54000 Nancy, France

<sup>5</sup> Université de Lorraine - Laboratoire Réactions et Génie des Procédés - UPR 3349, 1 rue Grandville, 54001 Nancy cedex, France

## Introduction

Our everyday life is a source of environmental pollution through domestic wastewater. Many of the increasingly used pharmaceutical products or chemicals offering household facilities (detergents, body care, food additives, and adhesive treatments...) are thought to be a possible threat for the environment as they are not always removed by WWTP and may even interfere with its functioning. It appears thus necessary to assess the impact of these micropollutants on activated sludge and to estimate their concentrations in wastewater treatment systems in order to derive conclusions about the environmental contamination. In this study, the effect of eight molecules - erythromycin, ofloxacin, ibuprofen, triclosan, 4-nonylphenol, sucralose, perfluorooctanoic acid (PFOA) and perfluorooctane sulfonate (PFOS) - was investigated on two microbial systems: *Escherichia coli* and activated sludge. First the growth-based toxicity tests were performed with *Escherichia coli* MG1655. Then the impact of above mentioned molecules on municipal activated sludge was studied in batch reactors where each micropollutant was added to 3l of mixed liquor (wastewater and sludge) at three concentrations. Different parameters were monitored during 24h:

1. The capacity of the sludge biomass to remove micropollutants, by analyzing the liquid and solid phases of the reactor (solid phase extraction followed by liquid chromatography tandem mass spectroscopy analysis).
2. The impact of micropollutants on sludge behavior was assessed by monitoring the biomass capacity to degrade the chemical oxygen demand (COD) and the ammonium (measured by spectro-photocolorimetric methods).
3. The production of extracellular polymeric substances (EPS) in the sludge as indicator of bacteria sensitivity to environmental changes/stress was estimated by high-pressure size-exclusion liquid chromatography.

## Material & methods

### Growth-based toxicity tests on *E. coli* MG1655

Expression of the toxicity: Difference in kinetics: increasing in generation time (g)

**Batch reactors cultures during 24 h**

4 reactors: 1 control and 3 with different concentrations of micropollutants

- 2L of wastewater
- 1L of activated sludge
- Micropollutants
- Aeration by air bubbling

Control without micropollutant

### EPS analyses: High-pressure size-exclusion liquid chromatography

Sludge samples after 24h in batch reactors

Extraction of EPS bound to sludge by azoxystyrene (Perraud et al. 1994)

Chromatography: (15min, 450°C)

Supernatant

Soluble EPS

High-pressure size-exclusion liquid chromatography

Column: Zorbax GF 250 (GF-250, 25cmx9.4mm, Agilent Technologies, France)

Mobile phase: NaCl 0.2M

Flow rate: 1 mL/min

Heater: Packard 1100 series

Software: HPLChemStation

Diode array UV detector and a refractive index detector

### Quantification of micropollutants in reactors

- Extraction from the reactor liquid phase: Solid phase extraction (SPE)
- Oasis WAX cartridges for PFOA and PFOS
- Oasis HLB for others micropollutants
- Extraction from the reactor solid phase: Solid-liquid extraction with MeOH: CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub> (1:1)
- Solid phase extraction (SPE)
- Oasis WAX cartridges for PFOA and PFOS
- Oasis HLB for others micropollutants

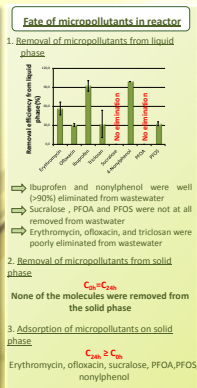
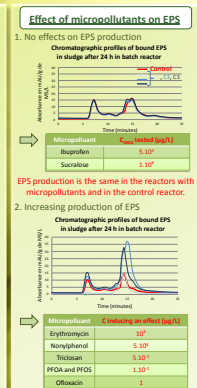
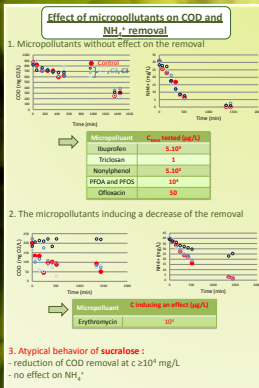
- LC - MS - MS analysis
- 1. Liquid chromatography: separation of compounds
- 2. Mass spectrometry: identification and quantification of compounds

## Results

### The concentrations used in reactors (below toxicity values)

Micropollutants	Measured toxicity values	C used (µg/L)	Current range in WWTP
Erythromycin	100 mg/L	10 <sup>1</sup>	0.1 - 0.2 µg/L
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	
Ofloxacin	100 µg/L	10 <sup>1</sup>	0.5 - 1.5 µg/L
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	
Ibuprofen	1 µg/L	10 <sup>1</sup>	3 - 8 µg/L
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	
Triclosan	0.1 µg/L	10 <sup>1</sup>	0.3 µg/L
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	
4-Nonylphenol	100 mg/L	10 <sup>1</sup>	1.5 - 2 µg/L
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	
Sucralose	No toxicity (> 100 mg/L)	10 <sup>1</sup>	0.5 - 1 µg/L
	10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup>	
PFOA	No toxicity (> 100 µg/L)	1	10 ng/L
	10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>	
PFOS	No toxicity (> 200 µg/L)	1	25 ng/L
	10 <sup>1</sup>	10 <sup>1</sup>	

Concentrations at which growth kinetics were altered



## Conclusion

It was observed that even at non toxic concentrations (based on *E. coli* MG1655 toxicity tests), micropollutants can have an impact on the biological activity of activated sludge.

- Some of the tested molecules (erythromycin, ofloxacin, triclosan, 4-nonylphenol, PFOA and PFOS) induced an increased production of bound EPS in flocs at concentrations below toxicity levels. This can be considered as an indication of bacteria sensitivity to the micropollutants presence. The microbial sludge is composed of diverse microbial populations which are organized in flocs where bacteria are embedded in a self produced EPS matrix. Our results have shown that some micropollutants can have an effect on the EPS production that may correspond to a bacterial response/stress. However, apart from erythromycin (at 10 mg/L), bacterial populations were still able to carry out the removal of macropollution (COD and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).
- Some molecules such as: ibuprofen, erythromycin, ofloxacin, 4-nonylphenol and triclosan, were removed from wastewater from 60% to more than 90% for all studied concentration levels.
- However sucralose, PFOA and PFOS were not removed, whatever the studied concentrations, demonstrating thus some limits of activated sludge to reduce with some anthropogenic pollution.



Figure 32 – Banner presenterador no congresso internacional IAP - Interfaces Against Pollution 2012



## APÊNDICE C

### ANÁLISES REFEITAS

Durante o período de análises, alguns ensaios precisaram ser refeitos pois os dados obtidos não apresentaram uma tendência nítida de degradação ou então porque os dados obtidos foram julgados como duvidosos. Os gráficos mais concisos foram "escolhidos" e estão apresentados no corpo deste trabalho. E os demais encontram-se detalhados neste apêndice.

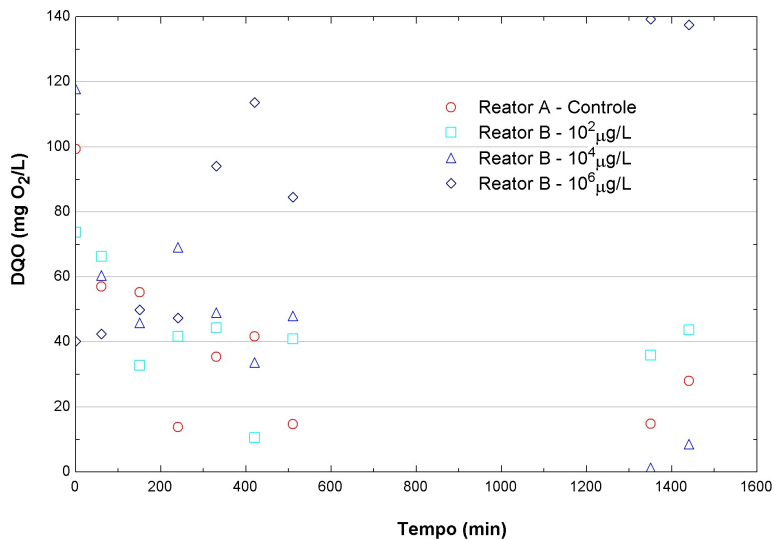


Figura 33 – Demanda química de oxigênio - Sucralose

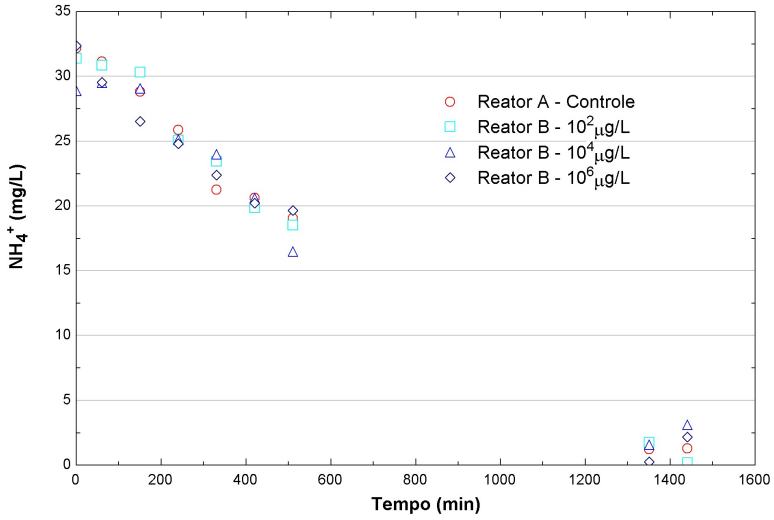


Figura 34 – Amônia - Sucralose

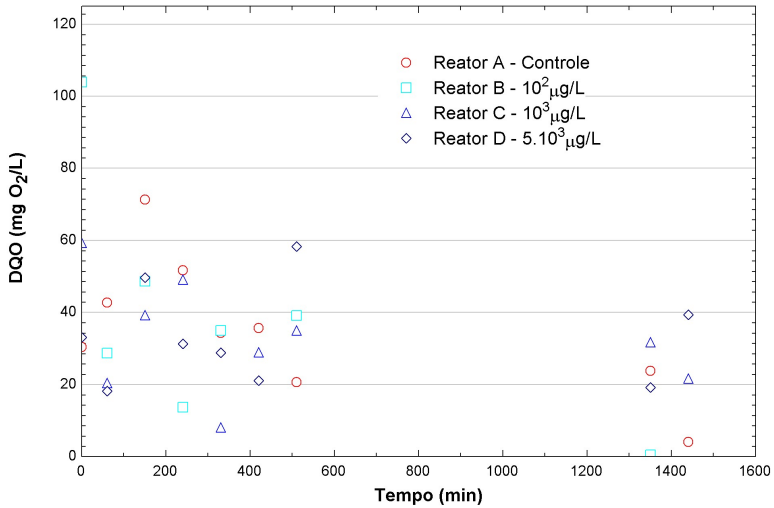


Figura 35 – Demanda química de oxigênio - Ibuprofeno

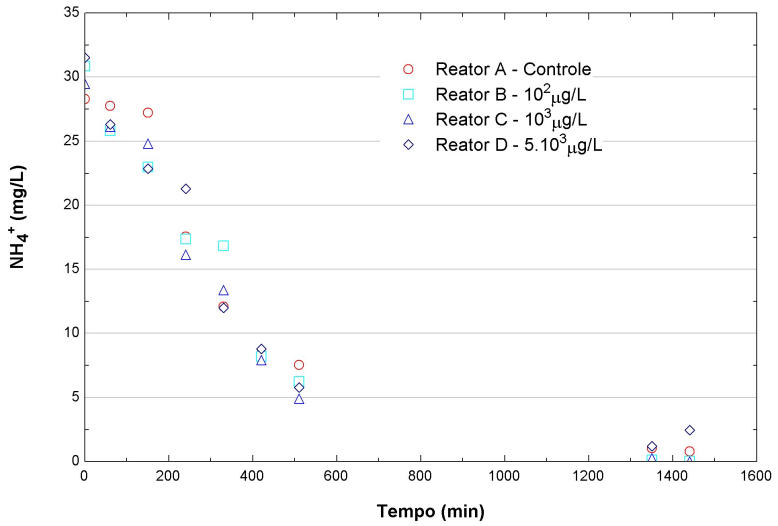


Figura 36 – Amônia - Ibuprofeno

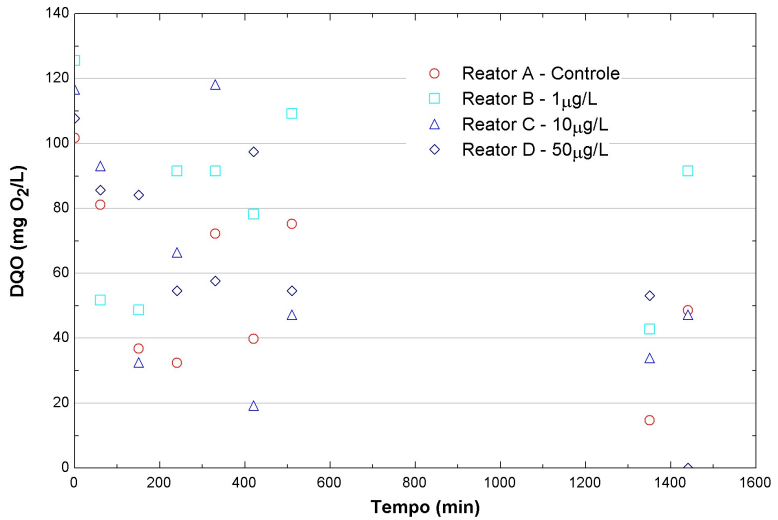


Figura 37 – Demanda química de oxigênio - Ofloxacina

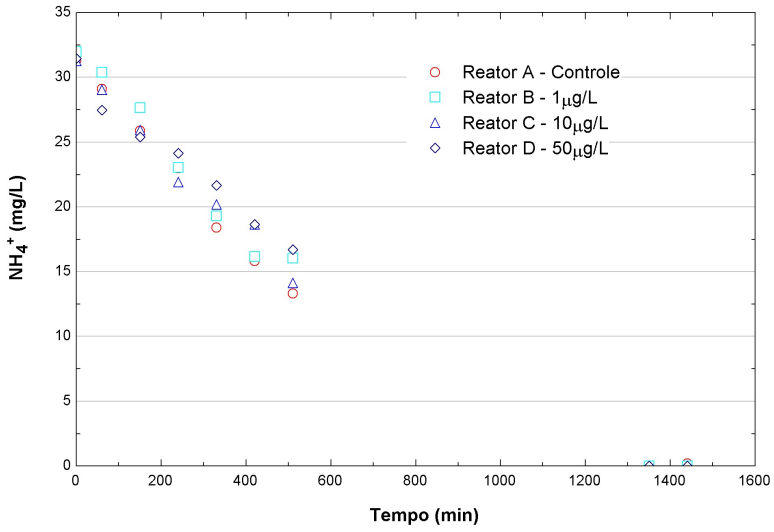


Figura 38 – Amônia - Ofloxacina

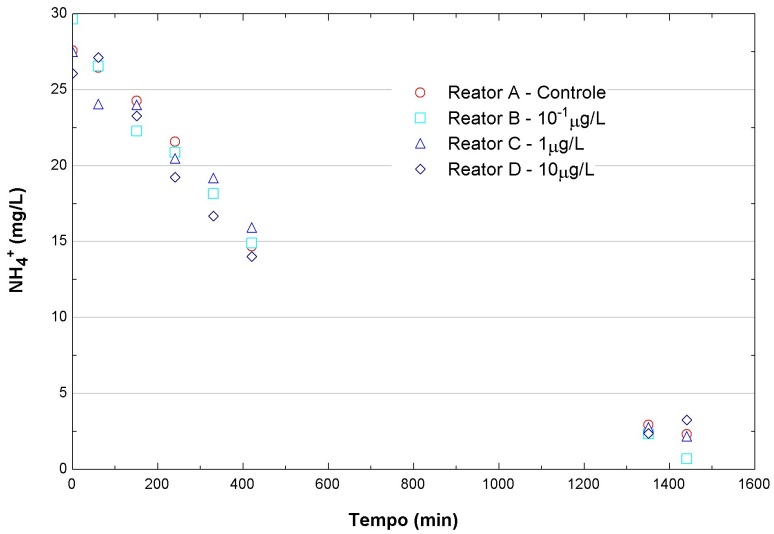


Figura 39 – Amônia - Compostos perfluorados

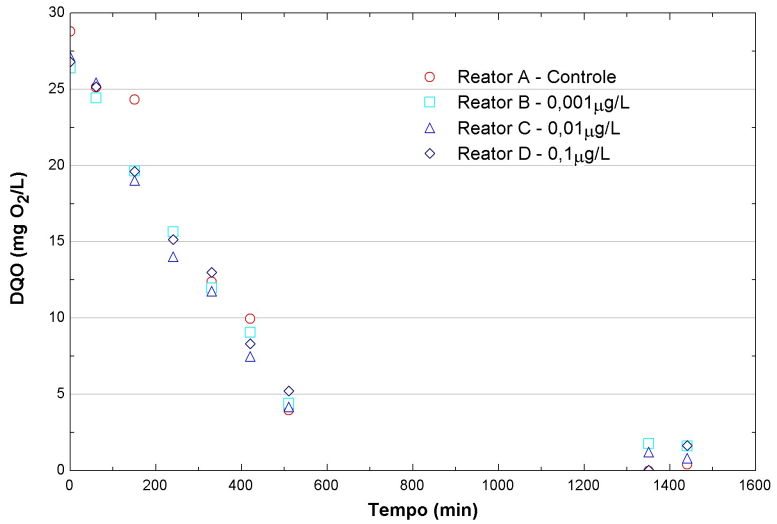


Figura 40 – Demanda química de oxigênio - Triclosan

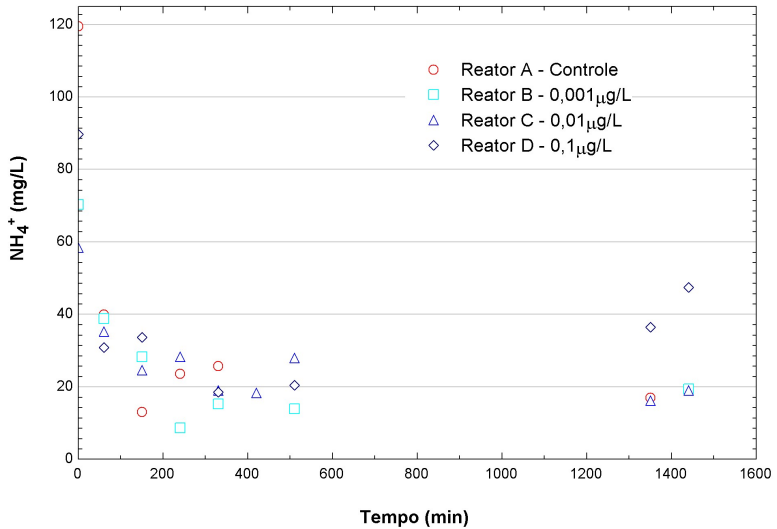


Figura 41 – Amônia - Triclosan

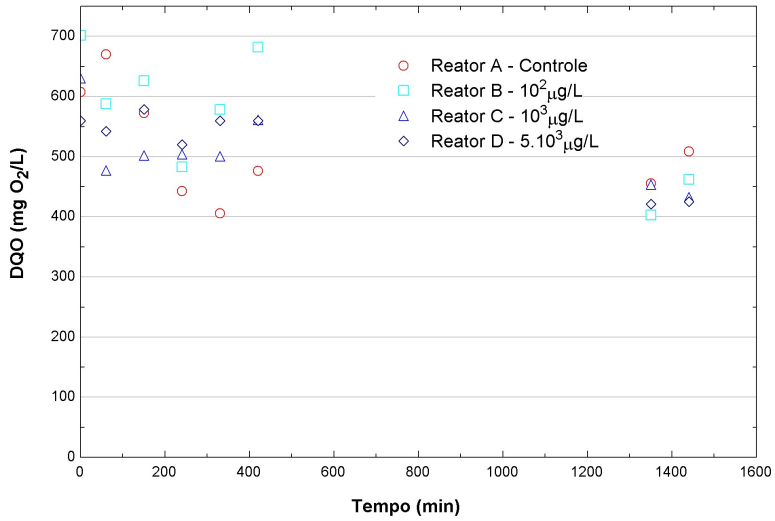


Figura 42 – Demanda química de oxigênio - 4-Nonilfenol

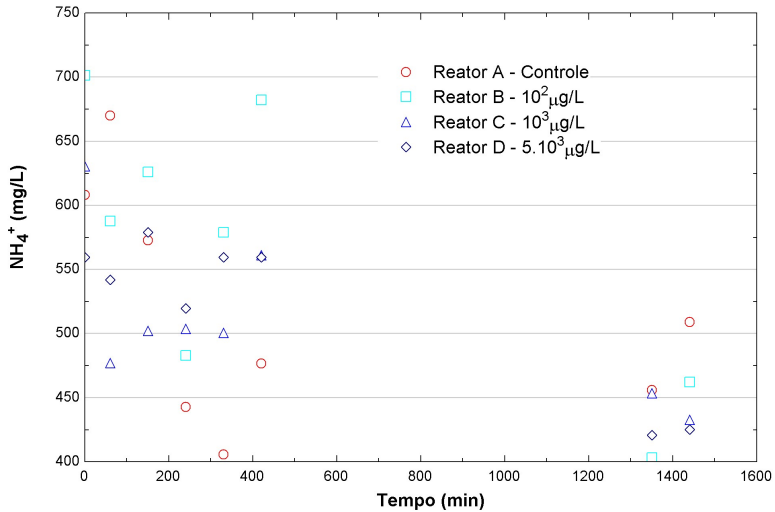


Figura 43 – Amônia - 4-Nonilfenol