



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Ana Beatriz Neto Meireles

Relatórios de Estágio e Monografia intitulada “Ocorrência e Remoção de PPCPs em Águas Residuais” referentes à Unidade Curricular “Estágio”, sob a orientação, da Doutora Marília João Rocha, do Dr. Paulo Monteiro e do Professor Doutor André Monteiro Pais Teixeira Pereira, apresentados à Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra para apreciação na prestação de provas públicas de Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas.

Setembro de 2021



FACULDADE DE FARMÁCIA
UNIVERSIDADE DE
COIMBRA

Ana Beatriz Neto Meireles

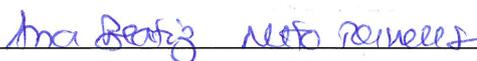
Relatórios de Estágio e Monografia intitulada “Ocorrência e Remoção de PPCPs em Águas Residuais” referentes à Unidade Curricular “Estágio”, sob a orientação, da Doutora Marília João Rocha, do Dr. Paulo Monteiro e do Professor Doutor André Monteiro Pais Teixeira Pereira, apresentados à Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra para apreciação na prestação de provas públicas de Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas.

Setembro 2021

Eu, Ana Beatriz Neto Meireles, estudante do Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas, com o n.º 2016236781, declaro assumir toda a responsabilidade pelo conteúdo do Documento Relatórios de Estágio e Monografia intitulada “*Ocorrência e Remoção de PPCPs em Águas Residuais*” apresentados à Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra, no âmbito da unidade de Estágio Curricular.

Mais declaro que este Documento é um trabalho original e que toda e qualquer afirmação ou expressão, por mim utilizada, está referenciada na Bibliografia, segundo os critérios bibliográficos legalmente estabelecidos, salvaguardando sempre os Direitos de Autor, à exceção das minhas opiniões pessoais.

Coimbra, 2 de setembro de 2021.



(Ana Beatriz Neto Meireles)

Agradecimentos

Aos meus pais e irmã, pelo apoio constante e esforços que fizeram para que conseguisse tornar realidade o meu sonho de infância. Por serem o meu porto seguro e o meu maior exemplo. Pela confiança que sempre depositaram em mim e pelo carinho e amor incondicional.

Aos meus avós, pelos ensinamentos e valores transmitidos. Por terem sempre palavras doces de reconforto e por acreditarem sempre em mim.

À minha família, por me acompanharem e apoiarem em todas as etapas da minha vida.

Ao Tridate, às minhas Gabi e Aniceto. Por serem o meu pilar e por se tornarem família. Pelos conselhos e por todas as memórias e tradições que criamos. Levo-vos comigo para a vida.

Aos meus amigos de Paços de Ferreira, por festejarem todas as minhas conquistas comigo. Por, apesar da distância e da minha ausência, estarem sempre presentes quando precisei.

Aos meus padrinhos e afilhados. Por todos os momentos inesquecíveis que vivemos e pela família que construímos.

Aos amigos de Coimbra, que levo comigo para sempre e com quem partilhei momentos inesquecíveis.

À Phartuna – Tuna de Farmácia de Coimbra. Pelo espírito tunante, pela vida boémia, pela música e crescimento pessoal. Pelas experiências que me proporcionou e pelas memórias que recordarei para sempre. Aos meus cavaquinhos.

Ao CDF. Por todas as festas e coreografias. Pelas mil aventuras e pela diversão infinita.

À Doutora Marília João Rocha e à restante equipa dos Serviços Farmacêuticos do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, pela experiência e por todos os ensinamentos.

Ao Dr. Paulo Monteiro e à restante equipa da Farmácia São José, por todo o profissionalismo, conhecimentos transmitidos e momentos partilhados.

Ao Professor Doutor André Pereira, pela colaboração na orientação da minha monografia, pela disponibilidade e apoio.

A Coimbra e à Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra. Pelo espírito académico. Pelos melhores anos da minha vida.

A todos vós o meu sincero muito obrigada!

ÍNDICE

CAPÍTULO I – Relatório de Estágio em Farmácia Hospitalar

Lista de Abreviaturas	7
1. Introdução	8
2. Serviços Farmacêuticos do CHUC, E.P.E.	9
3. Análise SWOT	9
3.1 Pontos Fortes	9
3.1.1 Rotação pelos diversos setores dos Serviços Farmacêuticos	9
a) Gestão e Aprovisionamento	9
b) Sistema de Informação de Medicamentos	10
c) Farmacotecnia	10
- Radiofarmácia	10
- Unidade de Preparação de Citostáticos	11
- Hospital Pediátrico - Preparação de Citostáticos	11
- Unidade de Preparação de Medicamentos Não Estéreis	12
- Unidade de Misturas Intravenosas	12
d) Distribuição	12
- Medicamentos Estupefacientes e Psicotrópicos	12
- Hemoderivados.	13
- Ambulatório	13
3.1.2 Apresentação do plano de estágio	13
3.1.3 Companheirismo entre estagiárias	14
3.2 Pontos Fracos	14
3.2.1 Curta duração do estágio e tempo de permanência em cada setor	14
3.2.2 Estágio mais observacional que prático	14
3.2.3 Plano Curricular MIFC	14
3.3 Oportunidades	15
3.3.1 Observação do Programa de Entrega de Proximidade de Medicamentos do CHUC	15
3.3.2 Voluntariado para apoio na vigilância epidemiológica da Covid-19	15
3.4 Ameaças	16
3.4.1 Pouca proximidade doente-farmacêutico	16
3.4.2 Pandemia Covid-19	16
3.4.3 Falhas no Sistema Informático	16
4. Conclusão	17
5. Referências Bibliográficas	18
6. Anexos	19

CAPÍTULO II – Relatório de Estágio em Farmácia Comunitária

Lista de Abreviaturas	23
1. Introdução	24
2. Análise SWOT	25
2.1 Pontos Fortes	25
2.1.1 Localização privilegiada e Horário de funcionamento	25
2.1.2 Equipa Técnica	25
2.1.3 Formações	26
2.1.4 Equipamentos Tecnológicos	26

2.1.5	Diversidade de Tarefas.....	27
2.1.6	Dermofarmácia e Cosmética.....	27
2.1.7	Fidelização dos utentes	28
2.1.8	Dinamização da farmácia.....	28
2.2	Pontos Fracos	28
2.2.1	Insegurança em determinadas áreas do aconselhamento.....	28
2.3	Oportunidades.....	29
2.3.1	Cartão Saúde	29
2.3.2	Serviços disponibilizados pela farmácia	29
2.3.3	Estágio de Verão	30
2.3.4	Sistema Informático: <i>Sifarma 2000</i> [®] e Novo Módulo de Atendimento.....	30
2.4	Ameaças	31
2.4.1	Automedicação e Iliteracia em saúde da população.....	31
2.4.2	Receitas Manuais.....	31
3.	Conclusão.....	32
4.	Referências Bibliográficas	33
5.	Anexos	34
CAPÍTULO III – Monografia: Ocorrência e Remoção de PPCPs em Águas Residuais		
	Lista de Abreviaturas	37
	Resumo	38
	Abstract	39
1.	Introdução	40
2.	Produtos farmacêuticos e de cuidado pessoal	41
2.1	Classificação dos PPCPs.....	41
2.2	Fontes de contaminação e Destino dos PPCPs.....	42
3.	Ocorrência de PPCPs em Águas Residuais	45
3.1	Fármacos.....	47
3.2	Produtos de cuidado pessoal.....	50
4.	Toxicidade	52
5.	Potenciais estratégias de remoção de PPCPs em ETARs	55
5.1	Nanofiltração.....	57
5.2	Carvão ativado.....	59
5.3	Osmose inversa	60
5.4	Processos de oxidação avançados.....	61
5.4.1	Tratamento UV	62
5.4.2	Ozonização	63
6.	Conclusão e Perspetivas futuras.....	64
	Referências Bibliográficas	67

CAPÍTULO I

Relatório de Estágio em Farmácia Hospitalar

CHUC – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, E.P.E.

Orientado pela Doutora Marília João Rocha



Lista de Abreviaturas

AUE – Autorização de Utilização Especial

CFT – Comissão de Farmácia e Terapêutica

CHUC – Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra

EC – Estágio Curricular

FH – Farmacêutico Hospitalar

HP – Hospital Pediátrico

MICF – Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas

PET – Tomografia por Emissão de Positrões

SC – Serviços Clínicos

SF – Serviços Farmacêuticos

SI – Sistema Informático

SiMed – Sistema de Informação de Medicamentos

SWOT – *Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats*

UMIV – Unidade de Misturas Intravenosas

UPC – Unidade de Preparação de Citostáticos

I. Introdução

O Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas (MICF) é um curso com a duração de cinco anos, durante os quais nos deparamos com as inúmeras saídas profissionais que o mesmo nos proporciona. Uma das áreas profissionais pela qual podemos enveredar após a conclusão do curso é a Farmácia Hospitalar. Segundo o Decreto-Lei n.º 44 204 de 2 de fevereiro de 1962¹, a farmácia hospitalar é definida como “o conjunto de atividades farmacêuticas exercidas em organismos hospitalares ou serviços a eles ligados para colaborar nas funções de assistência que pertencem a esses organismos e serviços e promover a ação de investigação científica e de ensino que lhes couber”. A posição do farmacêutico em ambiente hospitalar sempre me suscitou bastante interesse e, tendo oportunidade de realizar estágio curricular (EC) no Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra (CHUC), decidi aproveitar, pois considero ser uma boa preparação para o futuro, se eventualmente exercer nesta área.

Assim, este relatório de estágio surge no âmbito da unidade curricular “Estágio”, incluída no plano de estudos do MICF da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra. O estágio foi realizado em Farmácia Hospitalar no CHUC entre os dias 11 de janeiro e 12 de março de 2021, sob orientação da Doutora Marília João Rocha.

O hospital é um estabelecimento cujo principal objetivo é a prestação de cuidados de saúde 24 horas por dia. Os serviços farmacêuticos (SF) representam uma estrutura importante dos cuidados de saúde dispensados em meio hospitalar, sendo departamentos com autonomia técnica e científica, sujeitos à orientação geral dos Órgãos de Administração dos Hospitais¹. O farmacêutico hospitalar (FH) é o especialista do medicamento que deve apoiar os profissionais de saúde e os doentes em todos os processos relacionados com o uso e acessibilidade aos medicamentos.

O presente relatório foi elaborado com base numa análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*). Descreverei os Pontos Fortes, Pontos Fracos, Ameaças e Oportunidades com que me deparei durante a realização deste EC.

2. Serviços Farmacêuticos do CHUC, E.P.E.

O CHUC é uma instituição do Serviço Nacional de Saúde, tendo como principal missão a prestação de cuidados de saúde de elevada qualidade a todos os doentes, pautando-se por elevados padrões de diferenciação clínica, técnica, científica, de qualidade e segurança e pelo compromisso para com a criação de conhecimento e a inovação². Trata-se de um hospital de grandes dimensões e, por isso, torna-se indispensável a existência de um serviço de farmácia hospitalar organizado.

Os SF são departamentos com autonomia técnica e científica que asseguram a terapêutica medicamentosa correta aos doentes, bem como a qualidade, eficácia e segurança do uso dos medicamentos². Estão dotados de estruturas físicas, recursos humanos e processos de trabalho para que possam cumprir a legislação e atender as necessidades internas e externas do hospital. Estes serviços são obrigatoriamente dirigidos por um farmacêutico, sendo atualmente o Dr. José António Lopes Feio o diretor dos SF do CHUC.

No pólo Hospitais da Universidade de Coimbra, os SF situam-se no piso -2 do edifício central, com exceção da Radiofarmácia, localizada no serviço de Medicina Nuclear, do Ambulatório que se encontra no piso -1 e da Unidade de Preparação de Citostáticos (UPC) localizada no Edifício de São Jerónimo.

3. Análise SWOT

3.1. Pontos Fortes

3.1.1 Rotação pelos diversos setores dos Serviços Farmacêuticos

O FH faz parte de uma grande equipa ativa e multidisciplinar responsável pela realização de várias tarefas, desde a validação das prescrições médicas, elaboração de pedidos de encomendas, armazenamento, manipulação até à distribuição. Todas estas tarefas são executadas de forma a garantir a segurança, qualidade e eficácia da medicação. Uma vez que contactei com vários setores dos SF pude observar as tarefas desenvolvidas pelo FH em cada um deles e os seus métodos de trabalho. De seguida, menciono os diversos setores com que contactei e as tarefas desenvolvidas pelo FH em cada um deles.

a) Gestão e Aprovisionamento

Este setor é considerado a base do circuito do medicamento, sendo responsável pela seleção, aquisição, receção e armazenamento de medicamentos e outros produtos

farmacêuticos e gestão de *stocks*, garantindo que estes chegam ao doente em perfeitas condições e aos custos mais baixos³.

A aquisição de medicamentos e outros produtos de saúde é efetuada pelo FH e deve ter por base o Formulário Hospitalar Nacional de Medicamentos e a Adenda de medicamentos do hospital, elaborada pela Comissão de Farmácia e Terapêutica (CFT), com base nas necessidades terapêuticas dos doentes, na melhoria da sua qualidade de vida e em critérios fármaco-económicos³. Quando é necessário um medicamento que não possui Autorização de Introdução no Mercado em Portugal, tem de solicitar-se um pedido de Autorização de Utilização Especial (AUE) concebido pela Autoridade Nacional do Medicamento e Produtos de Saúde, I.P., abreviadamente designada por INFARMED, I.P. A AUE é concebida se não existirem em Portugal medicamentos idênticos ou alternativa terapêutica. Para o fornecimento dos produtos farmacêuticos recorre-se ao Catálogo de Aprovisionamento Público de Saúde e são celebrados contratos públicos de aprovisionamento. As propostas dos fornecedores são avaliadas em função de critérios de adjudicação, sendo a proposta economicamente mais benéfica, o critério determinante. Este setor é também responsável por, diariamente, atender pedidos urgentes e não urgentes, feitos através do sistema informático (SI), pelos diferentes setores/pólos dos SF ou pelos vários serviços clínicos (SC) do hospital.

b) Serviço de Informação de Medicamentos (SiMed)

O SiMed é responsável por organizar informação relativa a medicamentos e a todos os produtos farmacêuticos, prestando quaisquer esclarecimentos sobre os mesmos. Este setor apoia as decisões da CFT e o setor de Gestão e Aprovisionamento.

c) Farmacotecnia

Este setor contribui para a personalização da terapêutica, através da preparação de formulações farmacêuticas que não existem no mercado farmacêutico ou que já não se encontram a ser comercializadas, de forma a atender as necessidades mais específicas dos doentes⁴. A Farmacotecnia compreende a Unidade de Preparação de Medicamentos Não Estéreis, a Unidade de Misturas Intravenosas (UMIV), a UPC e a Radiofarmácia.

- Radiofarmácia

Os radiofármacos são compostos que têm na sua composição um radionuclídeo e são usados para fins de tratamento ou diagnóstico, estando responsáveis pela sua manipulação um FH e um Físico. O radionuclídeo é incorporado no fármaco e, após ser administrado, emite radiação que, quando detetada pelos equipamentos de realização de exames, possibilita a obtenção de imagens de diagnóstico. O Tecnécio (^{99m}Tc) é o radionuclídeo mais utilizado,

sobretudo devido ao seu tempo de semivida, 6,02 horas⁵. Por favorecer a penetração do radiofármaco nos tecidos, potencia uma boa aquisição de imagens. Existem também os radiofármacos com iodo, administrados por via oral, usados em exames de diagnóstico da tiroide e como terapêutica. Quando se faz Tomografia por Emissão de Positrões (PET), marcam-se os radiofármacos com Flúor (¹⁸F) que, por ter um tempo de semivida curto, é ativado junto ao local onde vão ser obtidas as imagens de PET⁵. Na Radiofarmácia também se executa a marcação de leucócitos, com o objetivo de localizar infeções. Todas as preparações são identificadas com um rótulo onde consta a hora de preparação, a data, o prazo de validade e a atividade da preparação.

Na manipulação destas substâncias é necessário ter em conta a distância entre a fonte e o operador, o tempo gasto a manipular a fonte e a quantidade de proteção utilizada para reduzir a exposição do operador. Quem manipula estes compostos faz-se acompanhar por dois dosímetros que são avaliados frequentemente.

- Unidade de Preparação de Citostáticos

A UPC está inserida no edifício de São Jerónimo, onde se localiza o hospital de dia de oncologia. Esta unidade está dividida em duas áreas principais (Anexo I): a área de preparação e o gabinete de validação. É neste gabinete que o FH valida as prescrições médicas dos ciclos de quimioterapia e imprime os rótulos que identificam o doente e o protocolo. Na área de preparação, mais especificamente na sala de individualização, individualiza-se o material e os fármacos necessários para cada protocolo. O FH confirma e dá entrada deste material no transfere que dá acesso à sala de manipulação. Nesta sala existem duas câmaras de fluxo laminar vertical onde são preparados os citostáticos que seguidamente são validados e seguem diretamente para as salas de tratamento, dado existirem dois transferes que conectam com as salas onde os doentes se encontram a fazer o tratamento.

- Hospital Pediátrico – Preparação de Citostáticos

O Hospital Pediátrico (HP) tem uma área de preparação de citostáticos e, tal como na UPC, as prescrições são validadas pelo FH e são emitidos os rótulos onde constam as informações do doente e do respetivo protocolo. A área de preparação está dividida em duas salas: a sala de individualização e a sala de manipulação. Quando as preparações estão finalizadas são rotuladas e embaladas em sacos próprios para seguirem para os respetivos SC.

- Unidade de Preparação de Medicamentos Não Estéreis

Nesta unidade preparam-se fórmulas magistrais que não requerem cuidados especiais de manipulação. O espaço está dividido em duas áreas, uma para “uso interno” e outra para “uso externo”¹. Para cada manipulado é elaborada, pelo FH, uma Guia de Produção onde se regista toda a informação sobre o mesmo.

- Unidade de Misturas Intravenosas

A UMIV encontra-se dividida em três áreas (Anexo II): duas salas de manipulação e uma sala de individualização e validação. Uma das salas de manipulação está equipada com uma câmara de fluxo laminar horizontal, onde são preparados colírios, bolsas de nutrição e outras misturas intravenosas. A segunda sala encontra-se equipada com uma câmara de fluxo laminar vertical, onde se preparam citostáticos e outras preparações que coloquem o operador em risco, como o soro autólogo, vacinas e outros medicamentos com potencial teratogénico. Na sala de validação e individualização é individualizado o material necessário para cada protocolo e efetua-se a validação das prescrições médicas. Quando finalizadas, as preparações são libertadas, rotuladas e embaladas individualmente, seguindo posteriormente para os respetivos SC.

d) Distribuição

O objetivo principal deste setor é cumprir com o plano terapêutico prescrito pelo médico e validado pelo FH, através da cedência do medicamento certo, para a indicação clínica certa, ao doente ao que o mesmo se destina, no tempo certo, na quantidade certa e nas melhores condições para a sua utilização segura, eficiente e racional⁴.

- Medicamentos Estupefacientes e Psicotrópicos

Estes medicamentos são abrangidos por uma legislação especial. Esta exigência deve-se ao facto de apresentarem efeitos adversos graves e poderem induzir dependência se usados para fins não terapêuticos. Encontram-se armazenados num cofre e todas as suas movimentações apenas podem ser efetuadas por um FH devendo ser sempre registadas. A sua distribuição baseia-se na reposição dos stocks dos SC e na distribuição individual diária em dose unitária⁶. Na reposição de stocks são gerados pedidos no SI ou através do preenchimento de uma requisição correspondente ao Anexo X da Portaria n.º 981/98, de 8 de junho (Anexo III). Quanto à distribuição individual, gera-se diariamente um mapa geral onde vêm descritas as quantidades solicitadas para cada doente por SC. A medicação é retirada do cofre e são impressas as etiquetas que identificam o doente, o SC e as quantidades cedidas. A medicação é depois individualizada em envelopes que deverão estar identificados com a etiqueta correta

e, acompanhados pela respetiva guia, seguem para serem distribuídos. Todas as manhãs e após a satisfação de pedidos o cofre é conferido para verificar se está tudo conforme.

- Hemoderivados

Os hemoderivados englobam todas as substâncias derivadas do sangue ou plasma humano e, no CHUC, encontram-se armazenados num local próprio. Os pedidos destes medicamentos são realizados em formato papel, com o preenchimento de um formulário (Anexo IV) específico que possui duas vias: a “via farmácia” que é arquivada e a “via serviço” que segue com a medicação para os respetivos SC⁷. Antes do seu fornecimento, os hemoderivados são submetidos a estudos de lotes pelo Infarmed, que emite o Certificado de Autorização de Utilização de Lote⁸, devendo este número ser preenchido no Quadro C do formulário pelo FH. Cada formulário contém ainda o Quadro A, que deve ser preenchido com os dados do doente, o Quadro B, onde devem constar os dados do hemoderivado e o quadro D, que apenas se encontra na “via serviço” e deve ser preenchido por um enfermeiro após a administração do medicamento ao doente.

- Ambulatório

A distribuição de medicamentos em regime ambulatório, resulta da necessidade de haver um maior controlo e vigilância em determinadas terapêuticas, de assegurar a adesão à terapêutica e pelo facto da comparticipação de certos medicamentos só ser 100% se forem dispensados pelos SF³ hospitalares. Este tipo de distribuição permite uma redução dos custos relacionados com o internamento hospitalar, dos riscos inerentes a um internamento e dá ao doente a possibilidade de continuar o tratamento no seu ambiente familiar³. A cedência de medicação aos doentes, neste regime, está sujeita a uma legislação própria. A distribuição é feita por um FH em instalações reservadas para esse fim. Juntamente com a medicação é entregue ao doente um documento onde constam os medicamentos cedidos, as quantidades, a posologia, o preço do tratamento e as datas da próxima consulta e da próxima cedência.

O ambulatório possui ainda um equipamento semiautomático, o CONSYS, que auxilia na dispensa de medicamentos acabando por funcionar também como local de armazenamento.

3.1.2 Apresentação do plano de estágio

No primeiro dia de estágio a Doutora Marília apresentou um documento com o plano de estágio atribuído a cada uma das estagiárias e disponibilizou-nos o caderno do estagiário, com o objetivo de nos orientar no desenvolvimento das tarefas ao longo do estágio em farmácia hospitalar. Ainda na primeira semana, tive a oportunidade de assistir a apresentações dos diferentes setores, realizadas pelos responsáveis dos mesmos. Estas apresentações foram

bastante elucidativas e permitiram ter desde logo uma ideia do que se fazia em cada um dos setores e como estavam organizados.

3.1.3 Companheirismo entre estagiárias

Durante o estágio sempre existiu bastante diálogo e companheirismo entre todas as estagiárias. Com muita frequência partilhávamos as nossas experiências diárias em cada um dos setores. Isto permitiu-nos conhecer certas dificuldades que cada uma de nós tinha experienciado, o funcionamento e a localização de cada um dos setores.

3.2. Pontos Fracos

3.2.1 Curta duração do estágio e tempo de permanência em cada setor

O EC em farmácia hospitalar teve a duração de apenas 280 horas. Sendo que passei uma semana em cada um dos setores, exceto no ambulatório em que estive duas semanas, senti que este período de tempo se mostra insuficiente para dominar todos os conhecimentos. Durante o estágio adquiri um conhecimento muito generalizado sobre esta vertente de atuação do farmacêutico. Considero que um estágio mais longo permitiria a aprendizagem e domínio dos conhecimentos necessários para executar a componente prática dos SF com autonomia e segurança.

3.2.2 Estágio mais observacional que prático

Durante o estágio, sempre me foram dadas explicações detalhadas relativamente à execução de todas as tarefas realizadas pelo FH e sempre que colocava questões estas eram respondidas de forma muito esclarecedora. Contudo, devido à excessiva responsabilidade, não existiu muita execução prática, que considero ser fundamental. Apesar de ver esta falta de componente prática como um ponto fraco, devo referir que em alguns setores o FH tentava dar-me algum trabalho prático sempre que era possível. Por outro lado, a curta duração do estágio, referida anteriormente, não nos permite obter todo o conhecimento necessário para trabalharmos autonomamente.

3.2.3 Plano Curricular do MICF

O plano de estudos do MICF, apesar de ser bastante completo e diversificado encontra-se pouco dirigido para o setor hospitalar. Apesar de estar incluída no plano de estudos a unidade curricular de Farmácia Hospitalar, sinto que esta é bastante teórica e, verifiquei com a realização deste estágio, que certas tarefas desenvolvidas pelo FH necessitam de uma visão mais prática para se conseguirem compreender melhor.

Durante o EC deparei-me com algumas dificuldades em certas áreas, nomeadamente, na área da oncologia relativamente aos diferentes protocolos existentes. Senti falta de conhecimento relativamente aos medicamentos dispensados unicamente em ambiente hospitalar e, por isso, penso que seria pertinente em alguma unidade curricular o conteúdo programático passar pela abordagem de mais medicamentos de uso exclusivamente hospitalar. Seria também bastante enriquecedor existirem palestras conduzidas por um FH para termos uma visão mais prática do que fazem no seu dia a dia.

3.3. Oportunidades

3.3.1 Observação do Programa de Entrega de Proximidades de Medicamentos do CHUC

O PemProxi – CHUC é um programa que pretende melhorar a acessibilidade aos medicamentos cedidos gratuitamente pela farmácia hospitalar. Com este programa os doentes podem levantar a medicação na farmácia que pretendem, geralmente a mais próxima do seu local de residência. Este programa destina-se a doentes impossibilitados de se deslocarem periodicamente ao hospital para efetuar o levantamento dos seus medicamentos por vários motivos. Para entrar neste programa de proximidade o doente apenas necessita de preencher dois documentos que deverá fazer chegar ao hospital. Durante o estágio tive oportunidade de ajudar na preparação da medicação para os doentes que faziam parte deste programa.

3.3.2 Voluntariado de apoio na vigilância epidemiológica da Covid-19

No final do mês de janeiro, os alunos da Universidade de Coimbra foram notificados devido à necessidade de auxiliar no apoio da vigilância epidemiológica no âmbito da Covid-19. O país atravessava uma fase muito complicada, onde o número de mortes e casos diários era assustador e as pessoas responsáveis por esta vigilância começaram a revelar-se insuficientes para conseguirem rastrear todos os contactos e seguir as cadeias de transmissão. Assim, decidi voluntariar-me para ajudar nesta questão de saúde pública. Inicialmente, participei numa formação onde nos forneceram todas as informações necessárias e, mais tarde, fui alocada à região do Pinhel Litoral. Poucos dias depois recebi as credenciais para aceder a todas as plataformas onde tínhamos a informação dos casos e dos infetados. A minha função era contactar telefonicamente os casos positivos de forma a recolher informação sobre os contactos de cada um deles e classificá-los como de alto ou baixo risco, de forma a acompanhar a cadeia de transmissão e conseguir chegar ao caso índice. Quando existiam contactos de risco tinha também a possibilidade de solicitar a prescrição de testes aos responsáveis. Acompanhei cerca de vinte pessoas e considero ter sido uma experiência muito

positiva. Durante este voluntariado senti-me bastante útil visto estar a contribuir para o controlo da pandemia acabando por desenvolver capacidades comunicativas, uma vez que tinha de contactar muitas pessoas e adaptar o meu discurso a cada uma delas.

3.4. Ameaças

3.4.1 Pouca proximidade doente-farmacêutico

Ao longo dos dois meses de estágio verifiquei que o contacto entre o FH e os doentes era reduzido. Mesmo no ambulatório este contacto encontrava-se limitado. De forma a reduzir qualquer tipo de contágio os doentes não entravam na sala do ambulatório e recebiam a medicação pelo postigo. A existência desta barreira física acaba por condicionar a transmissão de informação ao doente. A reconciliação da terapêutica quer no momento da admissão do doente quer no momento da alta médica não é efetuada. Considero este processo fundamental para obter e comparar a lista da farmacoterapia pré-hospitalar com a prescrição médica hospitalar, permitindo detetar erros de medicação, omissão ou duplicação de medicamentos, erros nas doses, via de administração e frequência⁹, medicação desnecessária bem como garantir que o doente percebe o esquema terapêutico para assim a adesão ser máxima.

3.4.2 Pandemia Covid-19

Estagiar num hospital em plena pandemia e numa altura em que atingimos os números mais elevados de mortes e casos diários foi um grande desafio. O hospital acaba por ser um local de transmissão e na altura em questão o CHUC encontrava-se praticamente lotado com muitas das camas a serem ocupadas por doente infetados pelo SARS-CoV-2. Como já fora referido anteriormente, a pandemia acabou por influenciar o atendimento dos doentes no ambulatório, tornando-se este mais distante. Também não me foi permitido visitar os SC com o FH responsável, algo que teria muita curiosidade em experienciar. Apesar de toda a equipa se mostrar sempre atenciosa, a pandemia acabou por restringir um pouco o convívio entre todos. A utilização de máscara, o distanciamento e a lotação máxima de cada uma das salas não permitiu uma proximidade tão grande.

3.4.3 Falhas no Sistema Informático

O rápido e fácil acesso à informação de cada doente por parte dos profissionais de saúde é essencial e, no CHUC, isto é conseguido através do SI utilizado, o Sistema de Gestão Integrado do Circuito do Medicamento. Neste sistema cada doente é identificado com um número que corresponde ao processo único e a este número fica associada toda a informação relativa ao mesmo. Durante a realização do estágio nos SF do CHUC assisti a algumas falhas

no SI. Apesar de se resolverem em alguns minutos, acabavam sempre por atrasar o trabalho do FH uma vez que este não conseguia utilizar o sistema para executar as suas tarefas.

4. Conclusão

A realização deste estágio foi o primeiro contacto que tive com a Farmácia Hospitalar e considero ter sido uma experiência única, desafiante e bastante enriquecedora, que me permitiu aumentar o meu conhecimento científico e crescer a nível pessoal e profissional.

Os SF do CHUC são constituídos por uma equipa que sempre se mostrou disponível a participar no meu processo de aprendizagem, esclarecendo-me todas as dúvidas que surgiam ao longo do tempo e transmitindo-me todo o conhecimento necessário para compreender melhor o funcionamento dos SF.

A existência de SF organizados e dinâmicos é essencial para o bom funcionamento de um hospital. Percebi que o FH desempenha um papel fundamental e de extrema responsabilidade em ambiente hospitalar, atuando em todo o circuito do medicamento, desde a sua aquisição até à administração, e cujo foco é garantir uma terapêutica eficaz e segura para todos os doentes.

Este estágio deu-me a possibilidade de conhecer e acompanhar as atividades executadas pelo farmacêutico, enquanto profissional de saúde a nível hospitalar. Além disso, tive a oportunidade de aplicar e relacionar vários conhecimentos adquiridos nas diversas unidades curriculares do plano de estudos do MICF.

Referências Bibliográficas

1. **Decreto-Lei n.º 44204**. Diário da República, 1ª série. 40. (22 de fevereiro de 1962), 164-166.
2. **Regulamento Interno do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, E.P.E.** 2020. [Acedido a 23 de fevereiro de 2021]. Disponível em: https://www.chuc.min-saude.pt/media/Regulamento_Interno/Regulamento_Interno_CHUC_-_Homologado_SES_2020.pdf
3. BROU, Maria Helena Lamas *et al.* – **Manual da Farmácia Hospitalar**. Março 2005. ISBN: 972-8425-63-5.
4. Apontamentos da Unidade de Curricular de Farmácia Hospitalar de 2020/2021.
5. INFARMED – **Formulário Hospitalar Nacional de Medicamentos**. 2006. [Acedido a 3 de março de 2021]. Disponível em: <https://www.infarmed.pt/documents/15786/1594079/Anexo+formulario/a995d754-90dd-4474-9203-eb396a0737a0>
6. CONSELHO DO COLÉGIO DE ESPECIALIDADE DE FARMÁCIA HOSPITALAR – **Manual de Boas Práticas de Farmácia Hospitalar, Capítulo D: Distribuição**. 6 de maio de 2019. [Acedido a 24 de março de 2021]. Disponível em: https://www.ordemfarmaceuticos.pt/fotos/documentos/capitulo_d_manual_de_boas_praticas_de_farmacia_hospitalar_21223437045d07678534ad5.pdf
7. **Despacho conjunto n.º 1051/2000**. Diário da República, 2ª série. 251. (30 de outubro de 2000), 17584-17585.
8. INFARMED – **Autorização de Utilização de Lote**. [Acedido a 24 de março de 2021]. Disponível em: <https://www.infarmed.pt/web/infarmed/entidades/medicamentos-uso-humano/autorizacao-utilizacao-lote>
9. FERREIRA, P.I. – Boletim do CIM: **Consulta Farmacêutica de Revisão da Medicação**. 2013. [Acedido a 22 de março de 2021]. Disponível em: https://www.ordemfarmaceuticos.pt/fotos/publicacoes/bc.106_reconciliacao_da_medicao_um_conceito_aplicado_ao_hospital_consulta_farmacutica_de_revisao_de_medicao_9863584205a12ec698cec5.pdf

Anexos

Anexo I – Representação gráfica da UMIV.



Anexo 2 – Representação gráfica da UPC.



Anexo 3 – Anexo X da Portaria n.º 981/98, de 8 de junho: Requisição de Estupefacientes e Psicotrópicos.

REQUISIÇÃO DE SUBSTÂNCIAS E SUAS PREPARAÇÕES COMPREENDIDAS NAS TABELAS I, II, III E IV, COM EXCEÇÃO DA II-A, ANEXAS AO DECRETO-LEI N.º 15/93, DE 22 DE JANEIRO, COM RETIFICAÇÃO DE 20 DE FEVEREIRO

N.º _____ **Anexo X**

Serviços Farmacêuticos do _____ SERVIÇO Código _____
SALA _____

Medicamento (DCI)	Forma farmacêutica	Dosagem	Código

Nome do doente	Cama/ processo	Quantidade pedida ou prescrita	Enfermeiro que administra o medicamento		Quantidade fornecida	Observações
			Rubrica	Data		
<i>Total</i>			<i>Total</i>			

Assinatura legível do diretor do serviço ou legal substituto	Assinatura legível do diretor dos serviços farmacêuticos ou legal substituto	Entregue por (ass. legível)
Data ____/____/____ N.º Mec. _____	Data ____/____/____ N.º Mec. _____	Data ____/____/____ N.º Mec. _____
		Recebido por (ass. legível)
		Data ____/____/____ N.º Mec. _____

Modelo n.º 1509 (Exclusivo da INCM, S. A.) **INCM**

Anexo 4 – Formulário de Requisição/Distribuição/Administração de Hemoderivados.

Número de série 2832775 VIA FARMÁCIA

MEDICAMENTOS HEMODERIVADOS
REQUISIÇÃO/DISTRIBUIÇÃO/ADMINISTRAÇÃO
(Arquivar pelos Serviços Farmacêuticos)

HOSPITAL _____
SERVIÇO _____

QUADRO A
Identificação do doente (nome, n.º de identificação civil, n.º do processo, n.º de utente do SNS)
Médico (Nome legível) _____
N.º Mec. ou Vinheta _____
Assinatura _____
Data ____/____/____
Apor etiqueta autocollante, cópiado ou outro. Enviar tantos autocollantes, com identificação do doente, quantos as unidades requisitadas.

QUADRO B
REQUISIÇÃO/JUSTIFICAÇÃO CLÍNICA (a preencher pelo médico)
Hemoderivado _____
(Nome, forma farmacêutica, via de administração)
Dose/Freqüência _____ Duração do tratamento _____
Diagnóstico/Justificação Clínica _____

QUADRO C
REGISTO DE DISTRIBUIÇÃO N.º _____ (a preencher pelos Serviços Farmacêuticos)
Hemoderivado/dose _____ Quantidade _____ Lote _____ Lab. origem/fornecedor _____ N.º Cert. INFARMED _____
Enviado ____/____/____ Farmacêutico _____ N.º Mec. _____
7) Excecionalmente, o plasma fresco congelado inativado poderá ser distribuído e ter registo e arquivo nos Serviços de Imuno-Hemoterapia.

Recebido ____/____/____ Serviço requisitante (Assinatura) _____ N.º Mec. _____

I. Instruções relativas à documentação:
A requisição, constituída por 2 vias (VIA FARMÁCIA e VIA SERVIÇO), é enviada aos Serviços Farmacêuticos após preenchimento dos Quadros A e B pelo serviço requisitante. O Quadro C é preenchido pelos Serviços Farmacêuticos.
VIA SERVIÇO – A preencher pelo serviço requisitante e arquivar no processo clínico do doente.
VIA FARMÁCIA – Permanece em arquivo nos Serviços Farmacêuticos. Excecionalmente, a distribuição e registo do plasma fresco congelado inativado, bem como o arquivo da via farmácia, poderá ser feito pelos Serviços de Imuno-Hemoterapia.

II. Instruções relativas ao produto medicamentoso:
a) Cada unidade medicamentosa fornecida será etiquetada pelos Serviços Farmacêuticos com as respetivas condições de conservação e identificação do doente e do serviço requisitante;
b) Os produtos não administrados no prazo de 24 horas e atendendo às condições de conservação do rótulo serão obrigatoriamente devolvidos aos Serviços Farmacêuticos. No Quadro D será lavrada a devolução, datada e assinada (n.º mecanográfico).

Modelo n.º 1804 (Exclusivo da INCM, S. A.) **INCM**

Número de série 2832775 VIA SERVIÇO

MEDICAMENTOS HEMODERIVADOS
REQUISIÇÃO/DISTRIBUIÇÃO/ADMINISTRAÇÃO
(Arquivar no processo clínico do doente)

HOSPITAL _____
SERVIÇO _____

QUADRO A
Identificação do doente (nome, n.º de identificação civil, n.º do processo, n.º de utente do SNS)
Médico (Nome legível) _____
N.º Mec. ou Vinheta _____
Assinatura _____
Data ____/____/____
Apor etiqueta autocollante, cópiado ou outro. Enviar tantos autocollantes, com identificação do doente, quantos as unidades requisitadas.

QUADRO B
REQUISIÇÃO/JUSTIFICAÇÃO CLÍNICA (a preencher pelo médico)
Hemoderivado _____
(Nome, forma farmacêutica, via de administração)
Dose/Freqüência _____ Duração do tratamento _____
Diagnóstico/Justificação Clínica _____

QUADRO C
REGISTO DE DISTRIBUIÇÃO N.º _____ (a preencher pelos Serviços Farmacêuticos)
Hemoderivado/dose _____ Quantidade _____ Lote _____ Lab. origem/fornecedor _____ N.º Cert. INFARMED _____
Enviado ____/____/____ Farmacêutico _____ N.º Mec. _____
7) Excecionalmente, o plasma fresco congelado inativado poderá ser distribuído e ter registo e arquivo nos Serviços de Imuno-Hemoterapia.

Recebido ____/____/____ Serviço requisitante (Assinatura) _____ N.º Mec. _____

QUADRO D
REGISTO DE ADMINISTRAÇÃO (a preencher pelo enfermeiro responsável pela administração)
Data _____ Hemoderivado/dose _____ Quantidade _____ Lote/Lab. origem _____ Assinatura/N.º Mec. _____

7) É responsável pela verificação da conformidade de que regista, com o conteúdo do rótulo do medicamento.
8) Os produtos não administrados no prazo de 24 horas e atendendo às condições de conservação do rótulo serão obrigatoriamente devolvidos aos Serviços Farmacêuticos. No Quadro D será lavrada a devolução, datada e assinada (n.º mecanográfico).

Modelo n.º 1804 (Exclusivo da INCM, S. A.) **INCM**

Anexo 5 – Atividades executadas em cada setor durante o período de estágio.

	Setor	Atividades executadas
	Gestão e Aprovisionamento	Acompanhei a realização das encomendas, o que me permitiu ter uma maior noção das ofertas do mercado. Tive a possibilidade de ler documentos relacionados com os concursos públicos, nomeadamente, caderno de encargos, relatório preliminar e relatório final. Ajudei no atendimento de vários pedidos e percebi a importância de armazenar corretamente os medicamentos e controlar as suas existências.
	SiMed	Observei os procedimentos a realizar nos pedidos de AUEs e, em conjunto com uma colega de estágio, organizei dados referentes ao consumo de Remdesivir num documento Excel.
Farmacotecnia	Radiofarmácia	Neste setor observei a manipulação de radiofármacos e todo o procedimento de marcação celular, desde a colheita de sangue até a obtenção da preparação final para administração. Preenchi os rótulos para identificação das preparações e fiz o registo informático das mesmas.
	UPC	Neste setor acompanhei todo o circuito, desde a validação das prescrições até à libertação do lote e transferência direta das preparações finalizadas para as salas de tratamento. Tive a oportunidade de entrar na sala de manipulação, devidamente equipada, e observei de perto a manipulação dos citostáticos.
	HP – Citostáticos	No HP assisti à validação das prescrições médicas, tive oportunidade de entrar na sala de manipulação durante os quatro dias que lá estive observando de perto a preparação dos citostáticos. Acompanhei a libertação dos lotes e ajudei a embalar as preparações em sacos próprios para seguirem para os SC.
	Unidade de Preparação de Não Estéreis	Apesar de ter estado nesta unidade muito pouco tempo consegui assistir à preparação de alguns manipulados, nomeadamente cápsulas e suspensões e observei o preenchimento das guias de produção.
	UMIV	Nesta unidade assisti à validação das prescrições médicas, impressão de rótulos, individualização do material, registo das quantidades, lotes e prazos de validade, rotulagem e embalagem das preparações finalizadas que depois seguiam para os diferentes SC do hospital que as requisitavam. Entrei nas salas de manipulação alguns dias onde tive a oportunidade de assistir à preparação de Remdesivir e outras misturas intravenosas, colírios, soro autólogo, bolsas de nutrição e vacinas contra a COVID-19.
Distribuição	Estupefacientes e Psicotrópicos e Hemoderivados	Neste setor assisti à validação das prescrições médicas e à elaboração do mapa geral. Ajudei na individualização dos estupefacientes e psicotrópicos e na contagem do cofre. Relativamente aos hemoderivados, não tive muito contacto com estes e apenas me explicaram como se processavam os pedidos e os documentos que era necessário preencher.
	Ambulatório	Neste setor, tive a oportunidade de acompanhar todos os procedimentos, desde a abertura da prescrição médica no SI até à cedência dos medicamentos aos doentes. Durante alguns dias e consoante a disponibilidade do FH, ajudei no atendimento dos doentes, consultando a receita no SI e cedendo a medicação, sempre com a supervisão do FH.

CAPÍTULO I

Relatório de Estágio em Farmácia Comunitária

Farmácia São José

Orientado pela Dr. Paulo Monteiro



Lista de Abreviaturas

EC – Estágio Curricular

FC – Farmácia Comunitária

FFUC – Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra

FSJ – Farmácia São José

MICF – Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas

MNSRM – Medicamento Não Sujeito a Receita Médica

SI – Sistema Informático

SWOT – *Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats*

I. Introdução

O farmacêutico comunitário, sendo um agente de saúde pública e especialista do medicamento, deve colaborar com os diversos profissionais de saúde de forma a promover a saúde pública e o uso seguro, eficaz e racional dos medicamentos e de todos os produtos de saúde¹, transmitindo no ato da dispensa a informação correta relativa à sua utilização, evitando a sua toma errada e abusiva². A farmácia comunitária (FC) não se trata simplesmente de um local que se limita à cedência de medicamentos, mas sim de um local onde se prestam cuidados de saúde e onde existe uma grande proximidade e interação com os utentes. Estando o farmacêutico em permanente contacto com a população, compete-lhe colaborar na educação e promoção para a saúde.

Uma vez que o setor farmacêutico se encontra em constante evolução, é uma obrigação profissional do farmacêutico manter-se continuamente informado a nível científico, ético e legal², com vista a proporcionar ao utente o melhor atendimento possível e ganhar a sua confiança e fidelização.

O estágio curricular (EC) em FC possibilita a aplicação e consolidação de conhecimentos adquiridos durante o Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas (MICF) e o desenvolvimento de aptidões importante para o exercício da profissão, que mais tarde serão determinantes para ingressar no mercado de trabalho.

Entre os dias 6 de abril de 2021 e 20 de julho de 2021, realizei o meu estágio em FC na Farmácia São José (FSJ) em Coimbra, sob a orientação do Dr. Paulo Monteiro, proprietário e diretor técnico.

O presente relatório encontra-se estruturado sob a forma de uma análise SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) fundamentada, destacando aqueles que foram os Pontos Fortes, Pontos Fracos, Oportunidades e Ameaças do meu estágio. Por fim serão apresentados alguns casos práticos (Anexo I) que representam a aplicação prática dos conhecimentos teóricos adquiridos durante o ciclo de estudos do MICF.

2. Análise SWOT

2.1 Pontos Fortes

2.1.1 Localização privilegiada e Horário de funcionamento

A FSJ localiza-se na Avenida Calouste Gulbenkian, em Celas. Apresenta assim uma localização privilegiada, uma vez que se encontra bastante próxima do Centro Hospitalar e Universitário de Coimbra, do Centro de Saúde de Celas, da Maternidade Bissaya Barreto, do Instituto Português de Oncologia de Coimbra Francisco Gentil E.P.E., de vários consultórios médicos, bem como da Faculdade de Farmácia da Universidade de Coimbra (FFUC) e da Faculdade de Medicina da Universidade de Coimbra. Deste modo, considero a localização um ponto forte porque, para além de contribuir para uma grande afluência de utentes, permitiu-me interagir com um grupo heterogéneo de utentes, pertencentes a diversas faixas etárias, com diferentes personalidades e necessidades de saúde. Esta diversidade de utentes permitiu uma melhor aprendizagem, uma vez que abordava diferentes temas nos diversos atendimentos que realizava diariamente.

O horário de funcionamento praticado pela FSJ é das 8h30 às 21h de segunda a sexta-feira e das 9h às 20h ao sábado. Este horário alargado de funcionamento permite que haja uma grande disponibilidade para atender os utentes.

2.1.2 Equipa Técnica

A grande afluência de utentes à FSJ exige que esta possua grandes *stocks* e uma equipa numerosa e profissional. Desde logo, foi bastante perceptível a cooperação existente entre todos os membros da equipa técnica. Esta cooperação refletia-se no atendimento exemplar e na organização que a farmácia apresentava. A realização de tarefas como gestão de *stocks* e validades, gestão e receção de encomendas, verificação do receituário, estupefacientes e psicotrópicos, preparação de medicamentos manipulados, atendimento ao público e a organização de produtos nos lineares está distribuída pelos membros da equipa, de forma a rentabilizar tempo e trabalho. Trata-se de uma equipa forte e muito experiente que preza, todos os dias, por prestar o melhor atendimento aos seus utentes.

Enquanto estagiária, sempre me senti bem acolhida e inserida na equipa. Isto dava-me a responsabilidade e confiança necessárias para realizar as tarefas que me competiam, bem como permitia não ter medo de errar e de esclarecer qualquer dúvida que surgisse. A aprendizagem torna-se simplificada com a prática e, desde logo, fui incentivada pela equipa a praticar e não ter medo de falhar, o que contribuiu para a minha evolução enquanto futura farmacêutica.

2.1.3 Formações

Sendo o farmacêutico o especialista do medicamento, é fundamental manter-se constantemente atualizado sobre o mercado farmacêutico. Como tal, as formações apresentadas pelos delegados de informação médica são de extrema importância. Na FSJ estas formações são realizadas com bastante regularidade pelo que, durante o meu estágio, tive a oportunidade de, juntamente com os restantes membros da equipa, participar em muitas destas formações. Nestas formações, os delegados apresentavam de forma bastante descritiva os seus produtos e as condições de saúde para os quais estavam indicados. Estive presente em formações de produtos indicados na dor, suplementos alimentares, produtos de higiene íntima, produtos de higiene oral, cosméticos, proteção solar, produtos indicados em casos de olho seco, nutrição clínica, entre outras. Em formações, sobretudo de cosméticos, eram colocados à nossa disposição *testers* que podíamos experimentar e assim ficar a conhecer melhor a textura, cheiro e aspeto dos produtos. O conhecimento destas características torna-se bastante útil durante os atendimentos, uma vez que estas são regularmente questionadas pelos utentes. Para além destas formações presenciais, tive oportunidade de participar em algumas formações *online* que nos eram disponibilizadas e aconselhadas pelos membros da equipa da FSJ.

Estas formações mostraram-se essenciais na aquisição de novos conceitos e contribuíram para melhorar o meu aconselhamento durante os atendimentos, tornando-o mais seguro e completo, deixando-me mais confiante para aconselhar o melhor produto tendo em conta a situação apresentada.

2.1.4 Equipamentos Tecnológicos

A FSJ possui dois elementos tecnológicos que ajudam na execução de determinadas funções na farmácia: o *robot* e o *CashGuard*. O *robot* trata-se de uma tecnologia de extrema importância que possibilita a arrumação de uma grande quantidade de medicamentos. Este permite um armazenamento rápido e eficaz das embalagens, garantindo uma boa gestão do espaço na farmácia. Esta tecnologia permite também uma gestão eficaz de prazos de validade uma vez que, à entrada do *robot*, são registados os prazos de validade de cada uma das embalagens e, durante o atendimento, os produtos são dispensados pelo *robot* seguindo a política de “*first in, first out*”. Este equipamento permite que o farmacêutico aumente o seu foco no utente e consiga realizar um melhor aconselhamento, uma vez que não necessita de abandonar a zona de atendimento para ir buscar o medicamento. Existe também a vantagem de diminuir possíveis erros associados à dispensa de medicamentos.

O *CashGuard* é um equipamento utilizado quando os pagamentos são efetuados em numerário, uma vez que permite o armazenamento do dinheiro decorrente das vendas e a disponibilização automática do troco. Este aparelho regista todos os pagamentos realizados na farmácia, o horário em que são efetuados e o operador responsável, contribuindo para uma melhor gestão financeira da farmácia e para o controlo do valor da caixa no final de cada dia.

2.1.5 Diversidade de Tarefas

Um dos pontos fortes do meu estágio foi a variedade de tarefas que pude executar e que me ajudaram a compreender a dinâmica e a gestão de uma farmácia. Desde o início do estágio, foi-me dada a oportunidade de colaborar em todo o tipo de tarefas, desde as tarefas de *backoffice* como a gestão de stocks, gestão e receção de encomendas e devoluções, armazenamento de medicamentos, gestão de medicamentos esgotados até ao atendimento ao balcão.

A realização deste tipo de tarefas foi, sem dúvida, uma mais-valia no meu estágio na medida em que me permitiu adquirir conhecimentos relativos à melhoria do funcionamento e organização de uma farmácia como também me habilitou a desempenhar qualquer uma das tarefas, com confiança, no meu futuro profissional.

2.1.6 Dermofarmácia e Cosmética

Cada vez mais as pessoas se preocupam com o bem-estar e a beleza da pele. Já que esta é o maior órgão do corpo humano e a nossa primeira proteção contra agressões externas é importante cuidarmos dela. A FSJ é um local de referência no que respeita a produtos e aconselhamento dermocosmético, devido à grande variedade de marcas disponíveis, à diversidade de preços praticados e pela existência de elementos da equipa especializados nesta área. Após o atendimento, é comum os utentes disponibilizarem o seu contacto telefónico, para serem informados, futuramente, da presença de conselheiras e de promoções nas suas marcas de eleição. Destaco a existência de vários produtos de dermofarmácia e cosmética como um ponto forte uma vez que, para além de ser uma área que me suscita bastante interesse, permitiu-me conhecer imensos produtos de várias marcas e para as mais variadas necessidades da pele. O contacto diário com estes produtos ajudou-me a aperfeiçoar o meu atendimento nesta área que tem vindo a ser cada vez mais procurada pelos utentes. Permitiu-me ainda rever conceitos adquiridos na unidade curricular de Dermofarmácia e Cosmética e complementar esses conhecimentos com uma realidade prática.

2.1.7 Fidelização dos utentes

Na FSJ uma das maiores preocupações da equipa prende-se em prestar os melhores aconselhamentos a todos os utentes. A FSJ apresenta um elevado número de utentes fidelizados, que frequentam a farmácia várias vezes durante o mês e chegam mesmo a procurar certos elementos da equipa, o que considero ser um ponto forte uma vez que demonstra a relação de confiança e proximidade existente entre o farmacêutico e o utente. Estes utentes encontram-se registados nas fichas de cliente e, através destas fichas e do histórico de compras de cada utente, torna-se mais fácil a identificação dos laboratórios e dos produtos que habitualmente levam.

2.1.8 Dinamização da farmácia

No que respeita à dinamização da farmácia e dos seus produtos, acompanhei o destaque que se ia dando a certos produtos sazonais ou em campanhas especiais, que eram expostos em zonas com maior destaque. Tive a oportunidade de ajudar na manutenção dos lineares e gôndolas, bem como de partilhar as minhas ideias relativamente a campanhas publicitárias que se realizavam no espaço físico da farmácia ou através das redes sociais, nomeadamente no *Instagram*. Existem elementos da equipa responsáveis pela gestão das redes sociais da farmácia e, estando estas cada vez mais presentes nas nossas vidas, é importante utilizá-las de forma a chegar ao maior número de pessoas, consciencializando-as em relação a alguns cuidados de saúde e apresentando campanhas promocionais e produtos com o objetivo de aumentar o volume de vendas.

2.2 Pontos Fracos

2.2.1 Insegurança em determinadas áreas de aconselhamento

A FC é, frequentemente, o primeiro local onde os utentes recorrem para satisfazer as suas necessidades, esclarecer as suas dúvidas e adquirir diversos produtos e serviços farmacêuticos. A diversidade de produtos existentes na farmácia exige conhecimento em áreas como veterinária, ortopedia, dispositivos médicos, cosméticos, entre muitas outras. Deste modo, o conhecimento do farmacêutico deve ser o mais abrangente e atualizado possível. Nos primeiros meses de estágio, senti uma certa insegurança no aconselhamento em algumas destas áreas, o que tornava mais difícil a realização de um atendimento com confiança, tendo de recorrer, frequentemente, aos membros da equipa mais experientes. A ajuda dos colegas e a observação de vários atendimentos foi essencial para relembrar alguns conhecimentos e aplicá-los num contexto real.

Para além disto, também senti muitas vezes alguma insegurança quando os utentes me colocavam questões fiscais. Penso que ao longo do curso poderiam ser abordadas as questões fiscais associadas à dispensa de medicamentos, bem como os diferentes regimes de comparticipação e os planos de saúde existentes.

2.3 Oportunidades

2.3.1 Cartão Saúde

O Cartão Saúde trata-se de uma iniciativa que permite a acumulação de pontos resultante da compra de produtos de saúde e bem-estar, medicamentos não sujeitos a receita médica (MNSRM) e serviços farmacêuticos³. Estes pontos podem ser trocados diretamente por produtos constantes no catálogo de pontos ou podem ser transformados em vales de dinheiro que podem ser utilizados para pagar a conta da farmácia.³ O Cartão Saúde revela-se um sistema do agrado de muitos utentes, porque lhes permite adquirir produtos a preços mais baixos ou de forma gratuita, através de um processo bastante simples sem qualquer tipo de encargo financeiro para o mesmo. A FSJ não só é aderente a este serviço como tem uma equipa com foco crescente na dinamização do mesmo, algo que também me foi incutido desde o início do estágio. Isto fazia com que tivesse de me manter informada acerca dos produtos disponíveis no catálogo e das suas funções, questionando nos atendimentos de utentes que já tinham um número considerável de pontos, se os pretendiam rebater. Além disso, o sistema informático (SI) permite a associação do Cartão Saúde à ficha do utente, tornando o processo mais rápido sem haver a necessidade de ler o código de barras presente no cartão, até porque verifiquei que muitas das vezes o utente, apesar de aderente, não se fazia acompanhar do mesmo. O facto da FSJ ser aderente ao Cartão Saúde deu-me a oportunidade de estar em contacto com esta iniciativa e perceber o seu funcionamento, colocando-a em prática durante os atendimentos.

2.3.2 Serviços disponibilizados pela farmácia

A FSJ disponibiliza aos seus utentes vários tipos de serviços farmacêuticos, contribuindo para uma maior proximidade com a população. Alguns destes serviços incluem consultas de nutrição, administração de injetáveis e vacinas não incluídas no Plano Nacional de Vacinação, determinação de parâmetros bioquímicos, glicémia, colesterol e tensão arterial, consultas de audição e Preparação Individualizada da Medicação. Durante o meu estágio, foi também realizado um rastreio de intolerância à lactose.

Nas últimas semanas do meu estágio, a FSJ começou a realizar os testes rápidos de antigénio (TRAg) comparticipados pelo Serviço Nacional de Saúde. Tive a oportunidade de

acompanhar e participar em todos os procedimentos associados a este serviço, desde o atendimento de chamadas telefónicas para marcação do teste, ao auxílio e esclarecimento de dúvidas no preenchimento da documentação necessária até à emissão dos certificados de teste e respetivo envio para os utentes.

A FSJ assegura ainda a receção assistida dos resíduos de embalagens e restos de medicamentos fora de uso ou prazo de validade depositados nos contentores VALORMED⁴ e possui o Programa de Troca de Seringas que tive oportunidade de realizar várias vezes.

Estes serviços acrescentam valor à farmácia e são extremamente úteis para o utente, refletindo-se na preferência e fidelização dos mesmos.

2.3.3 Estágio de Verão

Ao longo do meu percurso académico realizei um estágio de verão numa farmácia, através do programa de estágios extracurriculares da Universidade de Coimbra. Este estágio, apesar de curto permitiu-me adquirir competências ao nível da organização e gestão da farmácia. Foi também neste estágio que tive o primeiro contacto com as embalagens de medicamentos e outros produtos de saúde, permitindo-me ir associando os princípios ativos aos nomes comerciais e respetiva cartonagem. Este estágio também me ajudou a desenvolver a comunicação e o à vontade com os utentes. Isto permitiu que, aquando da realização do EC, já estivesse familiarizada com alguns produtos e tarefas de gestão farmacêutica, acabando por acelerar um pouco o meu processo de aprendizagem e a execução de tarefas autonomamente. A abordagem aos utentes foi mais facilitada, uma vez que durante o estágio de verão, tive oportunidade de praticá-la.

2.3.4 Sistema Informático: Sifarma 2000[®] e Novo Módulo de Atendimento

A FSJ faz parte do grupo das Farmácias Portuguesas da Associação Nacional de Farmácias e, por isso, o SI utilizado é o Sifarma 2000[®], criado pela *Global Intelligent Technologies* (Glintt). Este SI permite uma gestão dos produtos e do atendimento nas farmácias, rastreando os produtos desde a sua chegada até à saída da farmácia. Para cada produto existe uma ficha com vários separadores onde constam informações sobre o mesmo. Um dos separadores mostrou-se bastante útil durante o atendimento, uma vez que permite o acesso rápido a informações científicas relativas aos produtos⁵. Para além do Sifarma 2000[®], a FSJ dispõe do Novo Módulo de Atendimento, sendo este, na minha opinião, mais intuitivo e apelativo, apesar de ainda existirem muitas funções que apenas se podem realizar no Sifarma 2000[®].

Destaco o contacto com estes dois sistemas como uma oportunidade uma vez que me permitiu conhecer as funcionalidades de cada um dos programas e executar todas as tarefas que necessitavam de recurso aos mesmos. Por ser o SI utilizado na maioria das farmácias é importante termos conhecimento do seu funcionamento para um eventual futuro de trabalho em FC.

2.4 Ameaças

2.4.1 Automedicação e Iliteracia em saúde da população

Durante o meu estágio tive, muitas vezes, de tomar decisões na escolha do melhor produto, complementando o atendimento com a explicação do motivo pelo qual este era o mais adequado e fornecendo todas as informações necessárias à sua correta utilização. O acesso cada vez mais fácil à informação, a venda de MNSRM não exclusiva em farmácias e a divulgação de informação sem fundamento científico tem um grande impacto nas farmácias, conduzindo muitas das vezes a automedicação. Esta é uma situação em que o farmacêutico deve ter uma voz ativa, uma vez que a automedicação pode mascarar os sintomas de uma doença mais grave ou atrasar a resolução de um problema se for usada incorretamente. Em certos atendimentos os utentes solicitavam um MNSRM específico, que conheceram através de publicidade ou de informação não fidedigna lida, mas sem saberem se era o mais indicado para a condição de saúde que apresentavam. Nestas situações o farmacêutico não deve simplesmente dispensar o produto, mas sim procurar perceber a quem se destina o mesmo e qual a necessidade de saúde, de forma a indicar o produto mais adequado, complementando o aconselhamento sempre que possível com a indicação de medidas não farmacológicas que ajudem na resolução do problema.

2.4.2 Receitas Manuais

As prescrições manuais apesar de estarem cada vez mais em desuso, continuam a ser utilizadas em determinadas situações. Estas prescrições, comparativamente com as eletrónicas, exigem um maior cuidado, por terem de cumprir determinados requisitos. Sempre que um destes requisitos não se encontra conforme, por norma, a receita não pode ser dispensada, uma vez que a comparticipação pode não vir a ser aplicada e conseqüentemente a farmácia não será reembolsada. Outra das desvantagens destas receitas é a caligrafia que, sendo muitas vezes duvidosa, dificulta a interpretação do farmacêutico podendo conduzir a erros no momento da dispensa. Para além disso, o utente tem sempre de levantar todos os medicamentos prescritos na receita manual, uma vez que esta tem de ficar na posse da farmácia.

Assim, as prescrições eletrónicas mostram-se mais vantajosas, pois logo que se introduz o número da receita e o código de dispensa os dados são automaticamente inseridos, reduzindo a ocorrência de erros. Grande parte destas prescrições também apresenta uma maior validade e não existe a obrigatoriedade de o utente levantar todas as embalagens prescritas.

Deste modo, as receitas manuais surgem como uma ameaça, pois como são menos utilizadas há uma maior probabilidade de serem cometidos erros. Além disso há necessidade de enviar mensalmente o receituário e sempre que seja detetada alguma falha de validação, a farmácia não adquire o reembolso referente à receita.

3. Conclusão

O EC em FC na FSJ mostrou-se preponderante para o meu enriquecimento curricular. Não só me permitiu adquirir novos conhecimentos para completar e aprofundar a minha formação teórica e prática proporcionada pela FFUC, como também me permitiu aplicar estes conhecimentos científicos e técnicos num contexto real.

Poder experienciar o dia a dia de uma FC permitiu-me conhecer melhor o mercado de trabalho, o papel do farmacêutico comunitário na sociedade e os desafios impostos pela profissão. A interação entre o farmacêutico e o utente é crucial para a prestação de um aconselhamento completo e personalizado e, através deste contacto, é possível a criação de uma relação de confiança.

A FC, sendo um local de saúde facilmente acessível à população é muitas das vezes a primeira opção em situação de necessidade. Isto demonstra que o farmacêutico comunitário apresenta um papel fundamental na sociedade, pois para além de garantir o uso racional dos medicamentos, garante a prevenção de doenças ou a sua deteção precoce e a educação para estilos de vida saudáveis, de forma a melhorar a qualidade de vida dos utentes. Como tal, é importante a sua formação contínua, de forma a fornecer o melhor aconselhamento e um serviço eficiente e centralizado no utente.

Enquanto estagiária senti-me completamente realizada por trabalhar com uma equipa tão competente e dinâmica como a da FSJ. Equipa esta que foi incansável em proporcionar-me a experiência o mais completa possível, que teve uma paciência inesgotável para ouvir e esclarecer as minhas dúvidas e que fora sempre compreensiva quando errei. Foi uma oportunidade para aprender e crescer a nível pessoal e profissional que sem dúvida recordarei para sempre.

Referências Bibliográficas

1. ORDEM DOS FARMACÊUTICOS – **Código Deontológico da Ordem dos Farmacêuticos**. - [Acedido a 8 de agosto de 2021]. Disponível em: <https://www.ceic.pt/documents/20727/38736/C%ff%ffdig%2bDeontol%ff%ffgico%2bda%2bOrdem%2bdos%2bFarmac%ff%ffuticos/0e2861ff-ab1f-4368-b6b8-ed097ba4eda3>
2. ORDEM DOS FARMACÊUTICOS – **Norma geral sobre o farmacêutico e pessoal de apoio**. 29 de abril de 2015. [Acedido a 8 de agosto de 2021]. Disponível em: https://www.ordemfarmaceuticos.pt/fotos/documentos/norma_geral_sobre_o_farmacutico_e_o_pessoal_de_apoio_5695580485ab147f4836e5.pdf
3. FARMÁCIAS PORTUGUESAS – **Como funciona o Cartão Saúde?**. [Acedido a 8 de agosto de 2021]. Disponível em: <https://www.farmaciasportuguesas.pt/sauda/como-funciona>
4. VALORMED – **Farmácia Comunitária e LVMNSRM**. [Acedido a 18 de agosto de 2021]. Disponível em: <http://www.valormed.pt/paginas/13/spanfarmacia-comunitariaspan-e-span-lvmnsrm>
5. GLINTT – **Sifarma**. [Acedido a 18 de agosto de 2021]. Disponível em: <https://www.glintt.com/pt/o-que-fazemos/ofertas/SoftwareSolutions/Paginas/Sifarma.aspx>
6. INFARMED – **Resumo das Caraterísticas do Medicamentos – Fosfomicina Monuril 3 g**. [Acedido a 12 de agosto de 2021]. Disponível em: <https://extranet.infarmed.pt/INFOMED-fo/detalhes-medicamento.xhtml>
7. INFARMED – **Resumo das Caraterísticas do Medicamentos – RoterCysti 500 mg**. [Acedido a 12 de agosto de 2021]. Disponível em: <https://extranet.infarmed.pt/INFOMED-fo/detalhes-medicamento.xhtml>
8. LABORATOIRES THÉA – **Folheto informativo, ThealozDuo**. [Acedido a 12 de agosto de 2021]. Disponível em: https://thea.pt/sites/default/files/rcm_e_fi/fi_thealoz_duo.pdf
9. INFARMED – **Resumo das Caraterísticas do Medicamentos – EllaOne 30 mg**. [Acedido a 12 de agosto de 2021]. Disponível em: https://www.ema.europa.eu/en/documents/product-information/ellaone-epar-product-information_pt.pdf
10. INFARMED – **Resumo das Caraterísticas do Medicamentos – Dalacin V 20 mg/g**. [Acedido a 12 de agosto de 2021]. Disponível em: <http://labeling.pfizer.com/ShowLabeling.aspx?id=5257>
11. INFARMED – **Resumo das Caraterísticas do Medicamentos – Gynoflor 0,03 mg + 50 mg**. [Acedido a 12 de agosto de 2021]. Disponível em: <https://extranet.infarmed.pt/INFOMED-fo/detalhes-medicamento.xhtm>

Anexos

Caso Prático 1 – Infecção Urinária

Uma senhora com cerca de 50 anos dirigiu-se à farmácia queixando-se de uma infecção urinária. Após a descrição da sintomatologia que consistia em ardor ao urinar e uma frequência anormal de idas à casa de banho, a utente solicitou o antibiótico Fosfomicina Monuril® saquetas⁶. Expliquei à utente que o medicamento solicitado é sujeito a receita médica e, como tal, é necessária uma prescrição médica. Sugeri o RoterCysti® 500mg⁷, um suplemento alimentar em comprimidos revestidos por película à base da folha de uva ursina (*Arctostaphylos uva-ursi*), referindo que deveria tomar 2 comprimidos duas vezes por dia com líquidos, e se após 5 dias não estivesse melhor deveria deslocar-se ao médico. A uva ursina contém arbutina, um composto com ação antibacteriana, que atua pela abertura da membrana protetora do biofilme bacteriano atuando sobre as bactérias que mais tarde se desprendem da parede da bexiga e são expulsas pelo fluxo de urina.

Além disso, aconselhei um gel de higiene íntima, uma vez que, em conversa, percebi que a utente não utilizava nenhum no seu dia a dia. Recomendei ainda outras medidas não farmacológicas, nomeadamente, a ingestão abundante de água, a ingestão de alimentos ricos em vitamina C e a não utilização de roupa interior sintética e de pensos diários.

Caso Prático 2 – Olho seco

Durante o meu estágio, realizei vários atendimentos onde os utentes se queixavam de olho seco e solicitavam gotas hidratantes. Um desses casos tratou-se de um utente com aproximadamente 40 anos de idade, que se queixava que nos últimos dias sentia os olhos muitos secos e, como tal, necessitava de algo que aliviasse esta sensação. Expliquei que esta sensação de secura podia ser induzida por fatores externos tais como o vento, o fumo, a poluição ou o trabalho prolongado em frente a ecrãs. Este informou-me que trabalhava num escritório e, como tal, passava grande parte do seu dia em frente ao ecrã do computador.

Aconselhei o Thealoz Duo®⁸, uma solução oftálmica para hidratação dos olhos sem conservantes, podendo, por este facto, ser utilizada por portadores de lentes de contacto. Fazem parte da sua composição a trealose, que possui propriedades hidratantes, protetoras e antioxidantes e o hialuronato de sódio, um polissacárido existente no olho humano que possui propriedades únicas de retenção de água. Estas propriedades de retenção de água aumentam a hidratação e lubrificação da superfície da córnea. Para além disso, as suas propriedades bioadesivas conferem uma melhor aderência do produto à superfície do olho, o que permite um alívio de longa duração.

Aconselhei a aplicação de 1 gota em cada olho cerca de 5 vezes ao dia. Alertei para a importância de lavar cuidadosamente as mãos antes da aplicação e de evitar tocar com a extremidade do frasco nos olhos ou nas pálpebras. Referi ainda que era importante pestanejar mais vezes, visto que usava o computador muito tempo, usar óculos quando estava exposto ao vento e sol e evitar o ar condicionado, fumo do tabaco e coçar os olhos. Referi ainda que a solução pode ser utilizada até 3 meses após a abertura do frasco⁸.

Caso Prático 3 – Contraceção de emergência

Uma jovem, estudante, com cerca de 20 anos dirigiu-se à farmácia porque, apesar de ter usado um método contraceptivo barreira, mais especificamente o preservativo, durante a relação sexual este tinha rompido.

Uma vez que, a relação sexual tinha ocorrido há 4 dias, aconselhei a toma da contraceção de emergência EllaOne^{®9}, cuja substância ativa é o acetato de ulipristal e cuja toma pode ser efetuada até 120 horas (5 dias) após a relação sexual desprotegida ou no caso de falha do método contraceptivo.

Referi que a toma deveria ser feita o mais rapidamente possível e, se ocorressem vômitos nas 3 horas após a ingestão do comprimido, a toma deveria ser repetida. Acrescentei ainda que deveria utilizar um método de barreira até ao próximo período menstrual. Para além desta questão, a utente também se fazia acompanhar de uma prescrição médica devido a uma infeção vaginal. Nesta prescrição constavam Dalacin V^{®10} 2% creme vaginal e Gynoflor^{®11} comprimidos vaginais. Esta associação permite tratar a infeção, com a inibição da síntese proteica bacteriana, pela clindamicina, princípio ativo do Dalacin V[®] e repor a flora bacteriana vaginal através dos comprimidos de Gynoflor[®], que contém *Lactobacillus acidophilus* e estriol. Salientei que em infeções vaginais, não é recomendado manter relações sexuais, mesmo que protegidas, durante o tratamento com o creme vaginal de clindamicina, isto porque o mesmo contém ingredientes que podem enfraquecer o látex ou produtos de borracha¹⁰. Informei ainda que a aplicação de ambos os medicamentos deveria ser efetuada ao deitar, durante 6 dias.

CAPÍTULO III

Monografia

“Ocorrência e Remoção de PPCPs em Águas Residuais”

Orientado pelo Professor Doutor André Monteiro Pais Teixeira Pereira

Lista de Abreviaturas

AB – Antibiótico

AC – Ácido clofíbrico

AHTN – *Tonalide*

AIM – Autorização de Introdução no Mercado

AINE – Anti-Inflamatório Não Esteroide

AOPs – Processos de Oxidação Avançada

ARs – Águas Residuais

BMDM – Butilmetoxidibenzoilmetano

BP-1 – Benzofenona-1

BP-3 – Benzofenona-3

DE – Desregulador Endócrino

EHMC – Trimetoxicinamato de 2-etil-hexil-4-metoxicinamato

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

GAC – Carvão Ativado Granular

HHCB – Galaxolida

NF – Nanofiltração

OI – Osmose Inversa

PAC – Carvão Ativado em Pó

PCPs – Produtos de Cuidado Pessoal

PPCPs – Produtos Farmacêuticos e de Cuidado Pessoal

QR – Quociente de Risco

TCC – Triclocarbano

TCS – Triclosano

UV – Ultravioleta

Resumo

Os Produtos Farmacêuticos e de Cuidado Pessoal (PPCPs) têm conquistado especial atenção nos últimos anos por ocorrerem ubiquamente na natureza e serem considerados poluentes emergentes. Os PPCPs incluem um vasto grupo de produtos químicos utilizados diariamente pelos seus consumidores que vão desde os fármacos, aos compostos existentes nos produtos de higiene como os parabenos ou filtros de radiação ultravioleta (UV). O seu consumo universal aliado ao descarte inadequado contribui para que estes compostos acabem por surgir em ambientes aquáticos. As fontes pelas quais os PPCPs atingem o meio aquático são várias e sabe-se que a presença destes compostos tem efeitos negativos na saúde, principalmente na fauna e flora aquática, que se encontra perpetuamente exposta a estes poluentes. As Estações de Tratamento de Água Residuais (ETARs) são responsáveis por remover estes compostos das águas residuais domésticas, hospitalares e industriais, contudo, as metodologias de tratamento das ETARs convencionais revelam-se insuficientes na remoção dos PPCPs. Mostra-se necessário recorrer a sistemas de tratamento mais específicos e eficazes. Atualmente, já são implementados alguns sistemas de tratamento avançado como a nanofiltração, a ozonização e o tratamento com radiação UV, que permitem uma remoção mais completa e eficaz dos PPCPs.

Palavras-chave: Produtos Farmacêuticos e de Cuidado Pessoal; Estações de Tratamento de Águas Residuais; Águas Residuais; Ocorrência; Remoção; Contaminação; Toxicidade; Processos de Oxidação Avançada.

Abstract

Pharmaceutical and Personal Care Products (PPCPs) have gained special attention in recent years for occurring ubiquitously in nature and for being considered emerging pollutants. PPCPs include a wide range of chemicals products that are used daily by consumers, ranging from pharmaceuticals to compounds found in hygiene products such as parabens or ultraviolet radiation filters. Its universal consumption combined with inadequate disposal contributes to presence in aquatic environment. The means through which PPCPs reach the water are bountiful and it's known that the presence of these compounds has negative effects on health, mainly on aquatic fauna and flora, which are perpetually exposed to these pollutants. The Wastewater Treatment Plants (WTPs) are responsible for removing these compounds from the domestic, hospital and industrial wastewaters, however, the treatment methodologies of conventional WTPs prove to be insufficient in the removal of PPCPs. It is necessary to resort to more specific and effective treatment systems. Nowadays, advanced treatment systems such as nanofiltration, ozonation and ultraviolet treatment are already implemented, which allows a more complete and effective removal of PPCPs.

Keywords: Pharmaceutical and Personal Care Products; Wastewater Treatment Plants; Waste Waters; Occurrence; Removal; Contamination; Toxicity; Advanced Oxidation Processes.

I. Introdução

O crescimento demográfico e a expansão industrial trouxeram como consequência quadros de contaminação atmosférica, do solo e dos recursos hídricos em todo o planeta. Questões relacionadas com a qualidade da água têm sido extensivamente discutidas, dado tratar-se de um recurso natural indispensável à manutenção da vida na Terra¹. A água que se encontra no ambiente está em constante circulação através do ciclo hidrológico e sujeita a influências climáticas, podendo a sua disponibilidade variar no tempo e no espaço².

Os contaminantes emergentes correspondem a um grupo de produtos químicos naturais e sintéticos recentes³, com potencial toxicológico, que ocorrem de forma ubíqua na natureza, não sendo ainda, muitos deles, monitorizados no meio ambiente⁴. Dentro deste grupo encontram-se os Produtos Farmacêuticos e de Cuidado Pessoal (PPCPs), reconhecidos como contaminantes emergentes devido à sua presença nos ecossistemas em todo o mundo⁵. Estes compostos incluem medicamentos sujeitos a receita médica ou de venda livre, de uso humano ou veterinário, para prevenir, diagnosticar, mitigar ou curar doenças como antibióticos (AB), hormonas, anti-inflamatórios não esteroides (AINEs), antiepiléticos, reguladores lipídicos, beta-bloqueadores e citostáticos. Dentro dos Produtos de Cuidado Pessoal (PCPs) para higienização ou embelezamento, destacam-se os agentes antimicrobianos e desinfetantes, fragrâncias sintéticas, repelentes de insetos, conservantes e filtros solares, que protegem a pele das radiações ultravioleta (UV)⁶.

Estes compostos podem entrar no ambiente através de diversas fontes e são habitualmente detetados nas águas de superfície em baixas concentrações (ng L^{-1} e $\mu\text{g L}^{-1}$)⁷, mas que são suficientes para serem considerados uma ameaça à saúde ambiental, animal e humana (Uma Só Saúde)⁶. Os PPCPs podem chegar aos ambientes aquáticos a partir de diversas fontes, como os efluentes das explorações agropecuárias e das estações de tratamento de águas residuais (ETARs) que recebem águas residuais (ARs) domésticas, industriais e hospitalares⁶. A maioria dos sistemas convencionais de tratamento de água não são especificamente projetados ou equipados para remover PPCPs sendo a eficiência de remoção destes compostos em ETARs convencionais insuficiente para minimizar o risco que representam^{8,9}.

Atualmente, existe legislação que obriga à monitorização de várias substâncias em efluentes de ETARs, nos cursos de água e na água para consumo humano¹⁰. Contudo, apenas alguns dos PPCPs são alvo desta monitorização. Estes encontram-se na lista de vigilância da Diretiva - Quadro da Água¹⁰.

Uma das alternativas, para combater este problema, passa por desenvolver compostos que se metabolizem completamente no organismo ou que sejam rapidamente biodegradáveis. De momento pretende-se minimizar o seu consumo¹¹, no entanto, é pouco provável que o uso destes produtos seja reduzido devido às suas propriedades benéficas para os seres humanos e animais⁸. Deste modo, mostra-se necessário recorrer a metodologias de tratamento diferentes e mais específicas que se revelem mais eficazes para remover os PPCPs.

2. Produtos Farmacêuticos e de Cuidado Pessoal

Os PPCPs revolucionaram a vida humana e, com o decorrer dos anos, tornaram-se indispensáveis para a sociedade apresentando níveis de produção mundial anual que excedem as 10⁶ toneladas⁵. A facilidade de acesso, o desenvolvimento crescente de novos compostos pela indústria química e farmacêutica e a remoção insuficiente nas ETARs contribui para a acumulação destes compostos no meio aquático⁴. Além do seu papel como indicadores da atividade humana, grande parte dos PPCPs são persistentes no meio ambiente tendo potencial para se acumularem nos organismos, podendo causar desregulação endócrina, promover a emergência de resistências bacterianas entre outros efeitos⁵. A descoberta e o aumento da monitorização destes compostos é amplamente atribuível ao desenvolvimento de novas metodologias analíticas⁴.

2.1 Classificação dos PPCPs

Os PPCPs apresentam estruturas complexas⁴ e podem ser classificados segundo a sua finalidade e a respetiva atividade biológica. Abrangem um grupo variado de compostos, de uso interno e externo, tanto de utilização humana como veterinária. Até à data, mais de 3000 PPCPs têm sido utilizados para o tratamento e para a melhoria da qualidade de vida da sociedade¹².

A classificação mais comum dos PPCPs encontra-se resumida na Tabela I, bem como os seus compostos mais representativos.

Tabela 1: Classificação dos PPCPs^{6,13,14}.

Grupo	Subgrupo	Compostos representativos
Medicamentos	Antibióticos	Claritromicina; Eritromicina; Ciprofloxacina; Norfloxacina; Cloranfenicol; Sulfametoxazol; Penicilina; Levofloxacina
	Hormonas	Estrona; Estradiol; Etinilestradiol
	Estimulantes	Cafeína
	Analgésicos e Anti-inflamatórios não esteroides	Diclofenac; Paracetamol; Ibuprofeno; Naproxeno; Ácido Acetilsalicílico
	Antiepiléticos	Carbamazepina; Primidona
	Reguladores lipídicos	Clofibrato; Gemfibrozil
	β-bloqueadores	Propranolol; Metoprolol
	Citostáticos	Ifosfamida; Ciclofosfamida
PCPs	Antimicrobianos e Desinfetantes	Triclosano (TCS); Triclocarbano (TCC)
	Fragrâncias	Galaxolida (HHCB); Tonalide (AHTN)
	Repelentes de Insetos	N,N-dietil-3-metilbenzamida (DEET)
	Conservantes	Metilparabeno; Propilparabeno
	Filtros de radiação UV	Oxibenzona (BP-3); Butilmetoxidibenzoilmetano (BMDM); Benzofenona-I (BP-I); trimetoxicinamato de 2-etil-hexil-4-metoxicinamato (EHMC)

2.2 Fontes de contaminação e Destino dos PPCPS

Após a sua utilização, os PPCPs podem entrar no ambiente, direta ou indiretamente, por meio de várias fontes (Figura 1), incluindo aquacultura, agricultura, pecuária e ETARs que recebem ARs domésticas, industriais e hospitalares¹⁵.

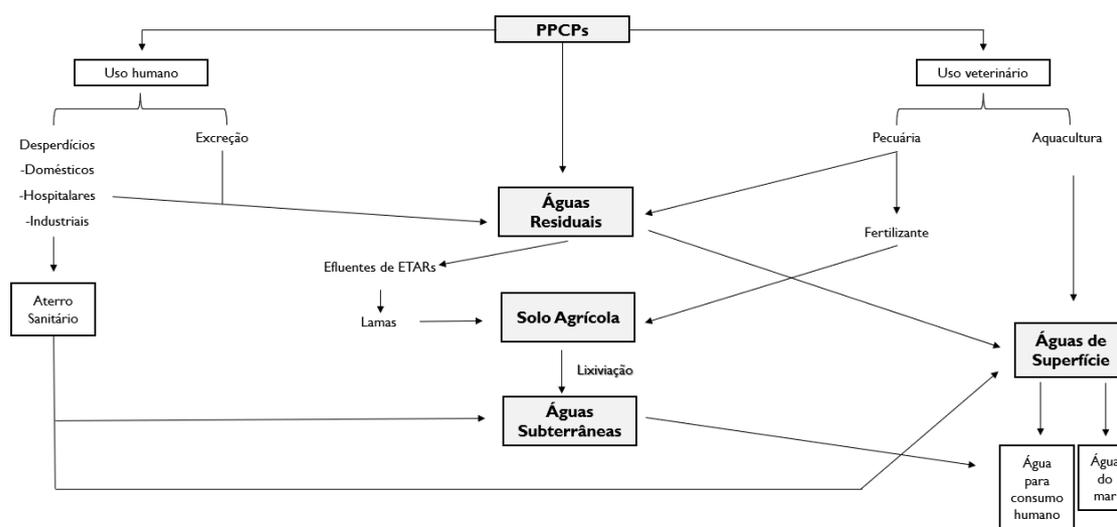


Figura 1: Principais fontes de contaminação e destino dos PPCPs no ambiente^{16,17}.

A prevalência de doenças, os tipos de tratamento das ETARs, os hábitos culturais e as possibilidades financeiras diferem de região para região e influenciam a contaminação das águas de cada uma dessas zonas.

Nos países desenvolvidos, os PPCPs são encaminhados para o sistema de esgoto e seguem para as ETARs, onde a água será tratada por meio de vários processos⁸. Já em países em vias de desenvolvimento estes compostos e os seus resíduos são, muitas vezes, libertados diretamente no meio ambiente, dado serem escassas as redes de saneamento⁸.

Verifica-se que as regiões urbanas são as principais fontes de contaminação devido à sua proximidade com os hospitais e as ETARs. Contudo, as zonas rurais também apresentam uma grande contribuição para esta contaminação por ser nestas zonas que se praticam, em maior escala, atividades como a agricultura e pecuária⁸. Quando os PPCPs são libertados livremente no meio ambiente podem causar impacto nos organismos aquáticos e terrestres. As suas propriedades físico-químicas, como a solubilidade em água, a pressão de vapor e a polaridade determinam o seu comportamento no meio ambiente¹⁸.

Após a sua ingestão, os medicamentos são absorvidos pelo organismo e passam por uma série de reações metabólicas, onde a estrutura química do princípio ativo é modificada. Presume-se que o principal local de metabolismo dos medicamentos seja o fígado, embora o efeito de primeira passagem dos medicamentos administrados por via oral também seja impulsionado pelo metabolismo intestinal e de outros órgãos¹⁹.

As principais vias envolvidas no metabolismo dos fármacos podem ser distinguidas em reações de fase I ou de fase II (Figura 2). Durante a fase I os compostos são biotransformado por reações de hidrólise, oxidação e redução, enquanto as reações de fase II envolvem a conjugação com moléculas que aumentam a solubilidade em água aumentando a sua excreção. As reações de fase II envolvem glucuronidação, sulfatação, metilação, acetilação ou conjugação com a glutatona²⁰. No entanto, uma fração significativa do fármaco original (não metabolizado) deixa o organismo humano ou animal pela urina (55-80%) ou fezes (4-30%)⁹.

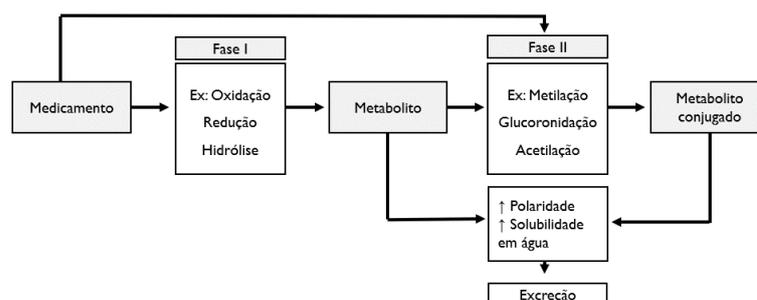


Figura 2: Representação esquemática da biotransformação de fármacos²¹.

Esta excreção dos fármacos pelo organismo e o descarte de medicamentos não usados ou já expirados nos sistemas de esgoto²² contribuem para que as ARs municipais sejam consideradas uma das principais fontes de contaminação. Por outro lado, também há fármacos não consumidos que acabam por ser colocados diretamente no lixo, terminando em aterros sanitários, podendo contaminar as águas subterrâneas por lixiviação¹⁷.

Os PCPs, incluindo champôs, sabonetes, pastas dentífricas, protetores solares, fragrâncias e cosméticos, podem ser descartados nos sistemas de esgoto⁸ através das boas práticas de higiene pessoal. Além disso, a natação e outras atividades recreativas podem contribuir para a contaminação das águas com estes produtos, uma vez que, ao contactar com o corpo, muitos dos compostos serão arrastados pela água e permanecerão na mesma.

Além das ARs municipais, as ARs hospitalares também têm sido destacadas como uma importante via de exposição ambiental dos PPCPs²³. Os hospitais geram diferentes quantidades de ARs, estando esta quantidade dependente de fatores como o número de doentes internados, os diferentes serviços clínicos existentes no hospital, as políticas de gestão da instituição, fatores culturais e geográficos. Normalmente, os efluentes hospitalares são despejados diretamente na rede pública de esgoto, sendo tratados concomitantemente com o esgoto doméstico em ETARs²³. As ARs hospitalares apesar de apresentarem concentrações mais elevadas e conterem fármacos mais específicos, globalmente, exibem uma percentagem de fármacos menor quando comparadas com as ARs domésticas.

Outra fonte importante de contaminação ambiental por PPCPs são os efluentes das indústrias farmacêuticas e de cosméticos que contêm produtos químicos precedentes destes setores em grandes quantidades.

Na pecuária são usados com frequência medicamentos veterinários, como é o caso dos ABs. Estes medicamentos atingem o ambiente quando os resíduos animais, quer estejam no estado sólido ou líquido, são pulverizados nos campos agrícolas como fertilizantes²⁴. Além do potencial de contaminação direta do solo, há também o risco de escoamento, podendo atingir os sistemas de água doce e lixiviar²⁴ para as águas subterrâneas. Outro exemplo de atividade antropogénica é a aquacultura, onde os fármacos aqui utilizados, bem como os seus metabolitos e produtos de degradação, são lançados diretamente nas águas de superfície¹⁷.

As ETARs foram identificadas como a fonte principal de contaminação de PPCPs no ambiente. Apesar das concentrações até poderem, muitas vezes, ser menores, como têm maior caudal que pecuárias e indústrias acabam por apresentar uma carga maior. Ao passarem pelas ETARs os resíduos presentes nas ARs sofrem vários processos de tratamento com o

objetivo de conduzir à sua eliminação. Assim, a eficiência com que as ETARs removem estes resíduos é crucial para a diminuição do impacto negativo que estes resíduos podem causar no meio ambiente e nos seres vivos⁶. Devido à sua baixa volatilidade, propriedades altamente polares e hidrofílicas por natureza²⁴, a fração que entra no ar atmosférico será limitada e a principal distribuição ocorrerá no ambiente aquático⁷.

Após os tratamentos a que estes compostos são submetidos nas ETARs, as ARs resultantes são descarregadas diretamente nas águas de superfície, podendo ser utilizadas na agricultura, para irrigação, e as lamas tratadas⁷ podem ser aplicadas como fertilizante nos terrenos agrícolas. Os PPCPs que após o tratamento ainda permanecem nas lamas e nas ARs tratadas podem atingir as águas de superfície e subterrâneas pelo processo de lixiviação ou escoamento, o que pode representar uma ameaça à água destinada ao consumo humano²⁴. A probabilidade de contaminação da água com PPCPs como resultado da descarga de efluentes de ETARs depende de vários fatores. Destacam-se as propriedades físico-químicas dos contaminantes, o tipo de tecnologia de tratamento das ARs e as condições ambientais envolventes, como a precipitação, a temperatura, o pH e o nível de luz solar²⁵.

3. Ocorrência e Remoção de PPCPs em Águas Residuais

Como referido anteriormente, os PPCPs podem ser encontrados em variados ambientes aquáticos²⁶. O facto destes poluentes poderem ou não ser removidos pelos processos de tratamento aplicados em cada ETAR, determina a sua entrada final no ambiente aquático recetor²⁷. A ocorrência destes contaminantes em ambientes aquáticos tem sido investigada durante os últimos anos através da realização de vários estudos em praticamente todo o mundo. Grande parte desses estudos é realizada com o objetivo de avaliar a ocorrência e a eficiência de remoção de PPCPs em ETARs, comparando a concentração destes compostos no afluente e no efluente da mesma²⁸.

Um desses estudos²⁹ foi realizado em Xiamen, na China, e teve a duração de um ano. De entre os 50 PPCPs em estudo, 39 foram detetados no afluente da ETAR (Figura 3). A maior concentração foi observada para o paracetamol, com uma concentração média no afluente de 2963,5 ng/L. Também a cafeína, bisfenol A, propilparabeno, metilparabeno, ibuprofeno, cetoprofeno e fenoprofeno apresentaram das concentrações mais altas, superiores a 100 ng/L.

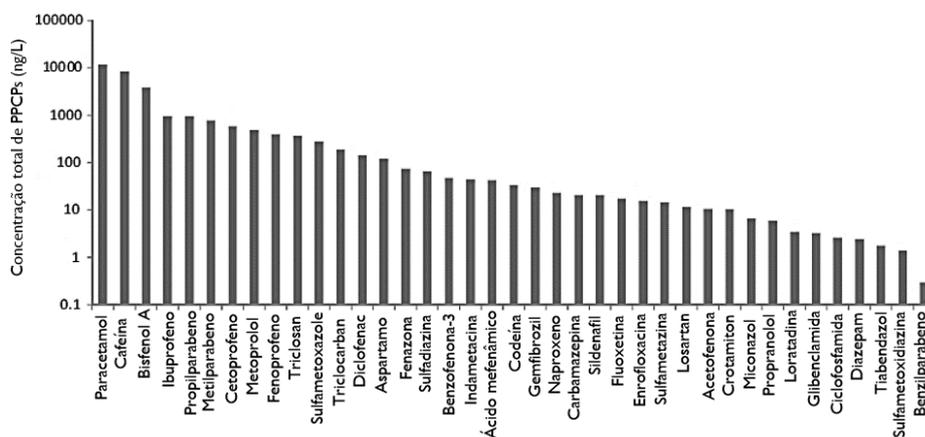


Figura 3: Concentrações totais medidas de cada PPCP no afluente da ETAR²⁹.

De entre os 39 PPCPs detetados no afluente, 36 deles foram detetados no efluente da ETAR (Figura 4). As maiores concentrações foram observadas para o cetoprofeno, bisfenol A, TCS, ibuprofeno e TCC.

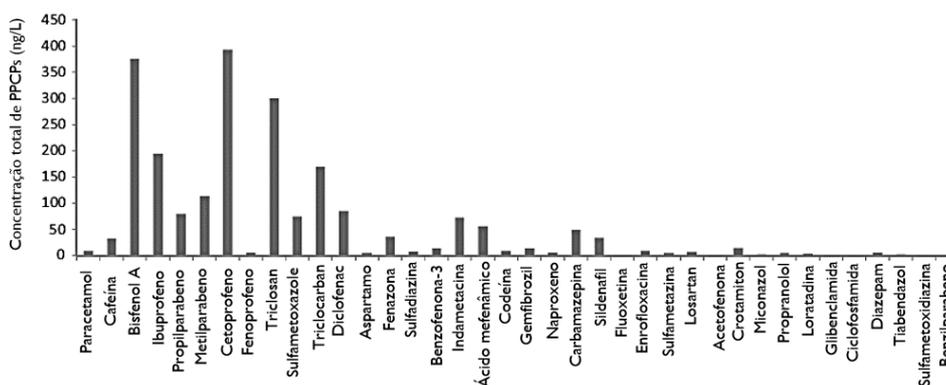


Figura 4: Concentrações totais medidas de cada PPCP no efluente da ETAR²⁹.

Os resultados deste estudo revelam que não existe uma remoção completa destes contaminantes nas estações de tratamento convencionais, mostrando-se necessário recorrer a metodologias mais específicas e tratamentos alternativos para uma melhor gestão das ARs.

As variações que ocorrem nas percentagens de remoção destes compostos nas diferentes ETARs podem dever-se aos diferentes processos³⁰ utilizados em cada uma delas e, apesar de um determinado composto não ser detetado no efluente de uma ETAR, não significa que tenha sido completamente removido. Este pode ter sido degradado nos seus metabolitos ou encontrar-se na sua forma conjugada, podendo mais tarde desconjugar e contaminar também as águas de superfície³¹.

3.1 Fármacos

Dado o seu consumo, toxicidade e ocorrência no ambiente, ABs, hormonas, AINEs, β -bloqueadores, reguladores lipídicos, antiepiléticos e citostáticos são os principais grupos farmacêuticos estudados. O desempenho de algumas ETARs, de acordo com a literatura científica, encontra-se resumido na Tabela 2.

Tabela 2: Ocorrência e remoção de fármacos em ETARs.

Grupo farmacoterapêutico/fármaco	Afluente (ng/L)	Efluente (ng/L)	Percentagem de remoção (%)	Ref.
Antibióticos				
Ofloxacina	609,8	253,4	58,4	32
Sulfametoxazol	2260	637	71,8	33
Hormonas				
17 β -Estradiol	41	<2,5	>94	34
Estrona	8,6	<1	>88	34
β-bloqueadores				
Atenolol	1552	707	54,4	35
Metoprolol	107	61	43,0	35
Propranolol	170	12	92,9	36
AINEs				
Ibuprofeno	93600	8200	91,2	37
Cetoprofeno	1830	840	54,1	37
Naproxeno	5410	2100	61,2	37
Antiepiléticos				
Carbamazepina	6300	ND	7	36
Citostáticos				
Ciclofosfamida	4-11	2-10	>50	38,39
Ifosfamida	1,4-15	1,7-6	>87	38,39
Etoposido	15-47	<LOD	100	40,39
Reguladores Lipídicos				
Bezafibrato	1200	600	50	41
Ácido clofíbrico	1000	660	34	41

LOD - Limite de deteção (neste caso em específico, o valor de LOD era igual a 2,95 ng/L)

Antibióticos: Os ABs são o grupo de fármacos mais preocupante, sendo ubiquamente encontrados em ETARs⁴². Estes são utilizados para proteger os seres humanos e animais contra infeções/doenças bacterianas⁴³. Muitos deles atingem o ambiente sem sequer estarem metabolizados. Um estudo conduzido em Dalian, na China, com o objetivo de avaliar a ocorrência e eficiência de remoção de 31 ABs, em 12 ETARs, mostrou que as fluoroquinolonas e as sulfonamidas são a classe de ABs mais abundante na maioria das amostras de ARs, correspondendo a 42,2% e 23,9%³² das concentrações totais de ABs, respetivamente. A concentração de ofloxacina foi a mais alta detetada nos afluentes, 609,8 ng/L, e nos efluentes, 253,4 ng/L, apresentando uma eficiência de remoção de 58,4%³². O sulfametoxazol, pertencente ao grupo das sulfonamidas, apresentou uma taxa de remoção de aproximadamente 72%³³.

Hormonas: As hormonas são uma classe de moléculas sinalizadoras sintetizadas por glândulas nos organismos e transportadas pelo sistema circulatório para os órgãos-alvo⁴⁴ onde regulam o crescimento e desenvolvimento dos organismos³⁰. Estrogénio, estriol e estrona são hormonas naturais e o 17 α -etinilestradiol, um contraceutivo oral sintético, que ocorre geralmente em baixas concentrações (<7 ng/L) nos efluentes das ETARs⁷. Foram detetadas concentrações de 17 β -estradiol e estrona em afluentes de uma ETAR na República Checa³⁴ de 41 ng/L e 8,6 ng/L, respetivamente. As concentrações detetadas destes mesmos compostos no efluente da estação de tratamento eram inferiores a 2,5 ng/L para o 17 β -estradiol e inferiores a 1 ng/L para a estrona. Isto corresponde a percentagens de eficácia de remoção de aproximadamente 94% (17 β -estradiol) a 88% (estrona).

β -bloqueadores: Esta classe de fármacos é habitualmente utilizada em doenças cardiovasculares. Dentro dos β -bloqueadores detetados em ARs domésticas o atenolol, metoprolol e propranolol apresentavam-se em concentrações mais elevadas que os restantes. As concentrações máximas descritas de atenolol, metoprolol e propranolol em ARs foram 2,642 μ g/L e 0,154 μ g/L na Índia³⁵ e 1,7 μ g/L na Alemanha³⁶, respetivamente. Uma vez excretados estes compostos entram nas instalações de tratamento de ARs. Comparando as concentrações destes compostos nos afluentes e efluentes, vemos que a ETAR municipal alemã removeu aproximadamente 93% do propranolol³⁶ e as ETARs indianas removeram cerca de 54% do atenolol e 43% do metoprolol³⁵. As variações das concentrações destes fármacos nos diferentes países devem-se à taxa de prescrição e consumo de cada fármaco. Aproximadamente 25% do tratamento médico para a hipertensão arterial é iniciado com atenolol em Hong Kong⁴⁵, enquanto que o metoprolol é o mais prescrito na China⁴⁶. Como

seria de esperar, a concentração média de atenolol detetada em ETARs de Hong Kong é superior à encontrada na China.

AINEs: Fármacos pertencentes a este grupo farmacoterapêutico são muito consumidos mundialmente devido às suas propriedades analgésicas, anti-inflamatórias e anti-piréticas⁴. Tal como acontece com todos os outros fármacos, a sua deteção é mais frequente no inverno, possivelmente devido à menor eficiência de biodegradação relacionada com as temperaturas mais baixas que se fazem sentir nesta estação do ano bem como a menor incidência de luz solar⁴⁷. Foram detetadas concentrações de ibuprofeno, cetoprofeno e naproxeno em afluentes de uma ETAR localizada em Sevilha, Espanha, de 93,6, 1,83 e 5,41 µg/L, respetivamente. As concentrações dos mesmos compostos no efluente da estação de tratamento eram de 8,20 µg/L para o ibuprofeno, 0,84 µg/L para o cetoprofeno e 2,10 µg/L para o naproxeno. Assim, cada fármaco apresenta percentagens de eficácia de remoção diferentes, tendo em conta as características de cada um. As taxas médias de remoção variaram de 54,1% (cetoprofeno) a 91,2% (ibuprofeno)³⁷.

Antiepiléticos: Os antiepiléticos são fármacos omnipresentes no ambiente⁷. A carbamazepina é o fármaco mais frequentemente detetado e em maiores concentrações em amostras de águas de superfície e de ETARs. Estudos realizados em diferentes estações de tratamento revelaram que a sua remoção não é significativa, sendo sempre inferior a 10%⁴⁸. A carbamazepina foi detetada em ETARs e águas recetoras na Alemanha numa concentração máxima de 6,3 µg/L³⁶. A sua remoção não foi significativa, tendo sido removida apenas 7% da carbamazepina presente nos afluentes que chegavam à estação de tratamento.

Citostáticos: Os citostáticos são fármacos frequentemente utilizados em tratamentos oncológicos, nomeadamente em quimioterapia⁴⁹. Assim, os seus resíduos são de origem quase exclusivamente hospitalar⁴⁸. Até agora, os citostáticos não foram detetados em águas de superfície, mas a Concentração Ambiental Prevista (PEC) calculada foi de 0,8 ng/L para ifosfamida nas águas de superfície alemãs⁵⁰. Os efluentes de 21 hospitais em Pequim, na China, foram investigados durante sete dias diferentes. A ifosfamida apresentou o valor de concentração mais elevado, 151 ng/L, seguindo-se a ciclofosfamida com 100 ng/L e em terceiro lugar o etoposido numa concentração de 42 ng/L⁵¹. Devido à elevada potência farmacológica, estes compostos exibem muito regularmente propriedades carcinogénicas, mutagénicas ou embriotóxicas⁵². Da literatura científica disponível, sabe-se que alguns dos citostáticos se revelam resistentes à biodegradação. As taxas de remoção destes fármacos detetadas em ETARs variaram de 10-88% (ifosfamida e ciclofosamida)^{39,38} a 77-100% (etoposido)^{40,39}.

Reguladores lipídicos: O ácido clofíbrico (AC) foi o primeiro medicamento sujeito a receita médica a ser detetado num efluente de esgoto, continuando a ser dos PPCPs mais estudados. Este fármaco foi encontrado em níveis de até 4 µg/L em águas subterrâneas sob uma ETAR⁷. Nos efluentes de ETARs situadas no Rio de Janeiro detetaram AC e bezafibrato em concentrações máximas de 1 µg/L e 1,2 µg/L, respetivamente⁴¹. Esta classe de fármacos é considerada omnipresente porque as dosagens diárias prescritas aos doentes são geralmente altas, as eficiências de remoção baixas e a persistência ambiental elevada⁷. As eficiências de remoção em ETARs brasileiras para estes fármacos, variaram entre os 34-50%⁴¹.

3.2 Produtos de Cuidado Pessoal

Os PCPs são produtos químicos comercializados para melhorarem a qualidade de vida do consumidor. Geralmente, são produtos que visam alterar o odor, a aparência, o toque ou o sabor, não apresentando atividade bioquímica considerável. Grandes quantidades podem ser introduzidas diretamente no ambiente, por meio de atividades recreativas ou volatizados no ar (no caso das fragrâncias) e, por isso, podem contornar uma possível remoção em ETARs⁷. O desempenho de algumas ETARs na remoção de PCPs, de acordo com a literatura científica, encontra-se resumido na Tabela 3.

Tabela 3: Ocorrência e remoção de PCPs em ETARs.

Grupo	Afluente (ng/L)	Efluente (ng/L)	Percentagem de remoção (%)	Ref.
Conservantes				
Metilparabeno	334	11	96,0	53
Propilparabeno	1630	<5	99,0	53
Bactericidas/Desinfetantes				
TCS	10200	1450	85,8	54
TCC	1150	49	>80	8
Repelentes de insetos				
DEET	600-1200	60-624	69±21	55
Fragrâncias				
HHCD	1860	IND	IND	29
AHTN	180	IND	IND	29
Filtros de proteção UV				
BMDM	250	140	44,0	56
BP-1	163	86	47,2	56
BP-3	284	111	60,9	56
EHMC	438	163	62,8	56

IND – Indisponível

Conservantes: Os parabenos são muito utilizados como conservantes em vários produtos, mas sobretudo em cosméticos. Tratam-se de conservantes que impedem o crescimento de bactérias e fungos. Quando contaminados, os cosméticos alteram a sua cor, homogeneidade, odor e textura, não apresentando a qualidade adequada ao seu uso⁵⁷. Assim, os parabenos são utilizados para preservar a qualidade e segurança dos produtos cosméticos, pois são muito eficazes, mesmo em concentrações reduzidas e, raramente, interagem com os outros ingredientes cosméticos⁵⁷. O metilparabeno e o propilparabeno são os conservantes mais abundantes em afluentes de ETARs⁸. Estes são facilmente biodegradáveis em condições aeróbias e a sua remoção é relativamente eficaz⁵⁸, geralmente superior a 90%⁵³. De forma a controlar os efeitos adversos que estes compostos apresentam para o ambiente e para a saúde dos organismos, a legislação europeia limita a utilização destes conservantes, devendo o seu uso estar dentro das concentrações devidamente regulamentadas. Estes têm obrigatoriamente de se encontrar em concentrações inferiores a 0,8%⁵⁹. Nestas concentrações apresentam uma absorção limitada quando aplicados à superfície da pele o que os torna rapidamente metabolizados e eliminados pelo organismo⁵⁷.

Bactericidas/Desinfetantes: O TCS é um bactericida comum em PCPs⁷ sendo frequentemente detetado em afluentes e efluentes de ETARs de vários estados dos EUA em concentrações de 3,8-16,6 µg/L e 0,2-2,7 µg/L, respetivamente, com taxas de remoção de aproximadamente 86%⁵⁴. Aproximadamente metade do TCS é convertido em metabolitos/produtos de transformação que são depois libertados no ambiente aquático através da descarga de efluentes⁸. O TCC também é um bactericida bastante usual que apresenta percentagens de remoção satisfatórias, geralmente superiores a 80%⁸.

Repelentes de insetos: O DEET é um químico frequentemente usado em repelentes de insetos e é persistente no ambiente aquático⁶⁰. Este composto foi detetado em efluentes de ETARs em concentrações médias que variaram de 0,6 µg/L a 1,2 µg/L⁵⁵. O nível de DEET diminui significativamente no inverno devido ao seu consumo reduzido⁴⁷. Durante o verão, o uso de DEET corresponde a quase 60% da utilização anual⁶¹. A sua remoção em ETARs apresenta uma eficiência de aproximadamente 69%⁵⁵.

Fragrâncias: As fragrâncias têm sido um grupo amplamente investigado de PCPs em ETARs devido à sua persistência no ambiente e bioacumulação⁷. Almíscares sintéticos, nomeadamente almíscares nitro e policíclicos são as fragrâncias mais frequentemente usadas em desodorizantes, sabões e detergentes⁷. Entre eles, o HHCB e AHTN são regularmente detetados em afluentes de ETARs. Foi estudada a ocorrência e distribuição de HHCB e AHTN

em 40 ETARs nos EUA. As médias de concentrações de HHCB e AHTN nos afluentes das ETARs foram de 1,86 µg/L e 0,18 µg/L, respetivamente²⁹.

Filtros de proteção UV: Por fim, os filtros de radiação UV são comumente usados em protetores solares, loções e cosméticos para proteger a pele da radiação UV⁵⁶. O seu uso crescente resulta da maior preocupação em relação aos efeitos adversos da radiação UV na saúde. Um estudo desenvolvido em 2014 avaliou a ocorrência e eficiência de remoção de 12 filtros UV amplamente usados em 5 ETARs em Hong Kong. BMDM, BP-1, BP-3, benzofenona-4 e EHMC foram detetados com frequência superior a 80% nos afluentes e efluentes das ETARs em estudo. A eficiência de remoção desses filtros UV foi de cerca de 50%⁵⁶. Uma alta correlação foi observada entre os locais mais densamente povoados e industrializados e os níveis mais elevados de almíscares e filtros UV. Por outro lado, os níveis mais baixos de PCPs foram encontrados em áreas protegidas. Como esperado, um aumento nos níveis de filtros UV foi observado após o verão devido ao período intenso de atividades recreativas⁶².

4. Toxicidade

Todos os PPCPs apresentam estruturas muito complexas e, sendo produtos amplamente disponíveis, grande parte deles consistem em combinações de várias substâncias químicas. Apesar dos efeitos ecotoxicológicos dos PPCPs ainda estarem pouco estudados, os efeitos destes compostos foram identificadas como subtis, contínuos, mas que se vão acumulando lentamente até haver alterações que podem ser irreversíveis⁷. Devido aos possíveis efeitos de bioacumulação a longo prazo, o efeito pode manifestar-se a qualquer nível da hierarquia biológica: célula – órgãos – organismo – população – ecossistema¹⁷.

Embora os PPCPs sejam detetados no ambiente aquático em concentrações relativamente baixas, muitos deles, bem como os seus metabolitos, são biologicamente ativos e podem ter um grande impacto em organismos aquáticos²⁴. A principal preocupação relativa às implicações tóxicas dos produtos farmacêuticos é que eles foram concebidos para maximizar a sua atividade biológica em doses baixas e para atingir certos mecanismos metabólicos, enzimáticos ou de sinalização celular. A conservação evolutiva de alguns alvos moleculares numa dada espécie aumenta a possibilidade para que estes compostos sejam farmacologicamente ativos em organismos não-alvo²⁴.

Para avaliar os efeitos tóxicos destes poluentes sobre os ecossistemas terrestres e aquáticos deverão ser efetuados testes específicos que avaliem os efeitos agudos e os efeitos crónicos. No entanto, os estudos de toxicidade aguda em organismos pertencentes a diferentes níveis tróficos como algas, zooplâncton, peixes, entre outros predominam

relativamente aos de toxicidade crónica. Os testes de bioacumulação e toxicidade crónica são escassos devido ao complexo trabalho experimental envolvido³⁰.

Um exemplo bastante importante e cada vez mais preocupante está associado às barreiras de coral. As barreiras de coral são componentes críticas para o nosso ecossistema, suportando 25 a 50% das espécies marinhas existentes. Uma vez que entram em simbiose com algumas algas, a fotossíntese deste contacto traz a energia ao coral e a alga produz cores vibrantes no mesmo⁶³. No entanto, quando existe stress oxidativo derivado das temperaturas elevadas nos oceanos e agentes poluentes, os corais afastam as algas da sua superfície, levando ao seu branqueamento. Com o tempo, este processo de branqueamento leva à morte do coral, colocando em risco os organismos que dele dependem para a sua sobrevivência⁶³. Um estudo em que uma espécie de alga verde foi exposta a diferentes concentrações de oxibenzona (filtro UV) revelou que os valores mais elevados deste composto resultaram numa diminuição da clorofila e do crescimento da alga, que consequentemente afetaram a vida dos corais⁶⁴. Outro estudo publicado em outubro de 2015 pela revista *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, demonstrou que a exposição das “crias” de coral à oxibenzona, presente em mais de 3500 protetores solares em todo o mundo, provocava deformações morfológicas, danos no seu material genético e atuava ainda como desregulador endócrino (DE), levando à morte do coral⁶⁵.

Os filtros UV tendo baixa solubilidade em água e alta lipofilicidade são muito difíceis de remover nas ETARs, entrando no abastecimento de água e podendo as próprias correntes dispersarem os filtros para além do seu local inicial de deposição⁶⁶. Como alternativa aos filtros orgânicos existem os filtros inorgânicos que atuam através de uma barreira física. Por serem compostos por minerais que ficam à superfície da pele sem serem absorvidos, os raios batem nestes minerais e são refletidos⁶⁷. Como já fora referido, a oxibenzona é um dos filtros solares mais problemáticos e, em países como o Havai, produtos solares com este composto na sua composição já foram banidos.

A toxicidade dos PPCPs no ambiente aquático depende do organismo exposto, da duração de exposição e da concentração do PPCP²⁴. Embora a maioria dos PPCPs individualmente represente um risco menor para a saúde, a toxicidade decorrente de misturas complexas de PPCPs em baixas concentrações pode levar a interações sinérgicas⁸. Isto foi demonstrado em vários estudos, num deles a combinação do fármaco antiepilético, carbamazepina, e do anticolesterolémico, AC, metabolito do clofibrato, pertencentes a diferentes classes terapêuticas, exibiu uma acentuada imobilização, cerca de 95%, dos crustáceos da espécie

Daphnia magna comparativamente à imobilização causada pela exposição aos compostos isolados na mesma concentração⁶⁸.

Como muitos contaminantes farmacêuticos são introduzidos no ambiente após o uso humano ou veterinário, as concentrações dos seus metabolitos podem ser mais significativas do que a dos compostos originais. A título de exemplo, alguns metabolitos acetilados de ABs, como as sulfonamidas, foram considerados mais tóxicos do que o composto original em algas⁶⁹. Também os produtos de fotodegradação do naproxeno foram identificados como tendo efeitos mais tóxicos do que o composto original em algas, rotíferos e microcrustáceos⁷⁰.

O uso generalizado de ABs, com o conseqüente aumento da sua concentração no meio ambiente, e a má utilização desta classe de fármacos em medicina humana e veterinária, são tidas como as principais razões para o desenvolvimento de resistências bacterianas⁷. Mesmo na presença de níveis muito baixos de ABs pode induzir-se resistência e, como tal, foi descrita uma correlação positiva entre os dois⁴. O aparecimento e a disseminação de bactérias resistentes, torna-se uma ameaça à prevenção e ao tratamento eficaz de várias doenças infecciosas, comprometendo assim a saúde pública^{71,72}. Além disso, a presença de ABs pode ter um efeito prejudicial sobre as bactérias naturalmente presentes no meio ambiente⁷³ e, nos afluentes das ETARs, pode igualmente prejudicar os processos de tratamento que utilizam bactérias, provocando efeitos tóxicos nos ecossistemas aquáticos e terrestres³⁰.

A presença de hormonas em ambientes aquáticos e a tendência que estas revelam em interromper a atividade do sistema endócrino, causando perturbação da homeostase de organismos não-alvo também se revela cada vez mais preocupante⁴. Enquanto alguns destes contaminantes inibem a atividade das hormonas naturais, outros podem induzir mudanças fisiológicas, como danos na reprodução e podem até mesmo induzir características femininas em peixes machos⁷⁴, como por exemplo o 17 α -etinilestradiol, associado a feminização dos peixes macho⁷⁵. Como tal, muitos deles poderão vir a ser considerados DE, podendo não existir uma relação linear entre a sua concentração e toxicidade. A Organização Mundial de Saúde definiu DE como “substância ou mistura de substâncias exógena que altera a(s) função(ões) do sistema endócrino e, conseqüentemente, causa efeitos adversos à saúde num organismo intacto ou na sua descendência ou (sub) populações”⁷⁶.

Nos ambientes aquáticos os peixes (vertebrados), as algas e os invertebrados, expostos continuamente a estes compostos, são os níveis tróficos mais comumente estudados⁷⁷ relativamente à toxicidade por PPCPs. Os estudos são realizados nestes três níveis tróficos uma vez que um composto pode ser inócuo para um determinado nível trófico, mas revelar-se tóxico para outro⁷⁷.

A Tabela 4 lista alguns exemplos de efeitos adversos que se observam quando há exposição a uma determinada concentração de diferentes tipos de PPCPs.

Tabela 4: Efeitos adversos da exposição a diferentes tipos de PPCPs em organismos aquáticos.

Medicamentos/ PCPs	Efeitos Adversos	Dose de exposição
Gemfibrozil	↓ do teor de testosterona plasmática ^{78,24} ; potencial DE	1,5 µg/L
17α-etinilestradiol	↓ do sucesso de fertilização nos peixes e ↓ das características sexuais masculinas ^{13,79}	< 1µg/L
Diclofenac	Alterações estruturais no rim, fígado e brânquias em truta-arco-íris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>) ⁸⁰	0,5 – 25 µg/L
Carbamazepina	Dano nos cloroplastos de microalgas da espécie <i>Pseudokirchneriella subcapitata</i> ⁸¹	33 µg/L
Filtros de radiação UV	Branqueamento rápido e completo dos corais ⁸²	10-100 µg/L
Propranolol	↓ da frequência cardíaca em peixe-zebra (<i>Danio rerio</i>) ⁸³	0,08 µg/L
Ibuprofeno	↓ do número de desovas em <i>Medaka</i> japonês ⁸⁴	1-100 µg/L
Paracetamol	Alteração do processo reprodutivo com a ↓ do número de neonatos fêmea em crustáceos da espécie <i>Daphnia magna</i> ⁸⁵	0,01025 – 0,164 mg/L
HHCB	Stress oxidativo em peixe-dourado (<i>Carassius auratus</i>) ⁸⁶	1,5 µg/L
TCC e TCS	Inibição do crescimento de algas (<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>) ⁸⁷	0,4-10 µg/L
Parabenos	Acumulação de parabenos no fígado de golfinhos ⁸⁸ Alteração da proporção sexual em peixe-zebra (<i>Danio rerio</i>) (aumento de fêmeas) ⁸⁹ ↓ do índice gonadossomático, atrofia testicular e das células germinativas em peixe zebra (<i>Danio rerio</i>) ⁹⁰	- 500 mg/Kg 1-10 mg/L
Cafeína	Stress oxidativo em mexilhões (<i>Mytilus californianus</i>) nativos ⁹¹ Efeito ansiogénico em peixe-zebra (<i>Danio rerio</i>), com alteração da natação normal apresentando também episódios de imobilidade ⁹²	0,05-0,5 µg/L 25-200µg/L

5. Potenciais estratégias de remoção de PPCPs em ETARs

Depois da utilização da água no dia-a-dia para diversas atividades, esta transforma-se em AR e necessita de ser tratada para ser reutilizada. A baixa disponibilidade de água doce, apenas 3% do total de água na terra, requer tecnologias sofisticadas para tratar as ARs⁹³.

O Decreto-Lei n.º 152/97⁹⁴, tem por objetivo a proteção das águas de superfície regulando a recolha, o tratamento e a descarga das ARs em ecossistemas aquáticos. Este refere que a qualidade exigida a um efluente que seja descarregado em zonas aquáticas onde se realizem captações de água para abastecimento, onde a água seja considerada sensível ou ainda quando esta se destina a ser reciclada, será certamente superior à exigida a um efluente que seja

descarregado num meio menos sensível⁹⁴. Para efetuar a descarga de ARs em zonas sensíveis, como os lagos de água doce, é necessário que tenham sido submetidas a um tratamento terciário⁹⁴. No caso da descarga de ARs se efetuar em zonas menos sensíveis apenas é necessário o tratamento secundário⁹⁴. Para que seja feita reutilização é necessário que o efluente sofra um tratamento mais avançado com desinfecção.

De um modo geral, uma ETAR tem como principal função receber, tratar e purificar as ARs, de modo a serem devolvidas ao ambiente em condições ambientalmente seguras e pode integrar quatro fases de tratamento: tratamento preliminar, primário, secundário e terciário⁹⁵. Na Figura 5 apresenta-se o esquema de funcionamento geral de uma ETAR convencional.

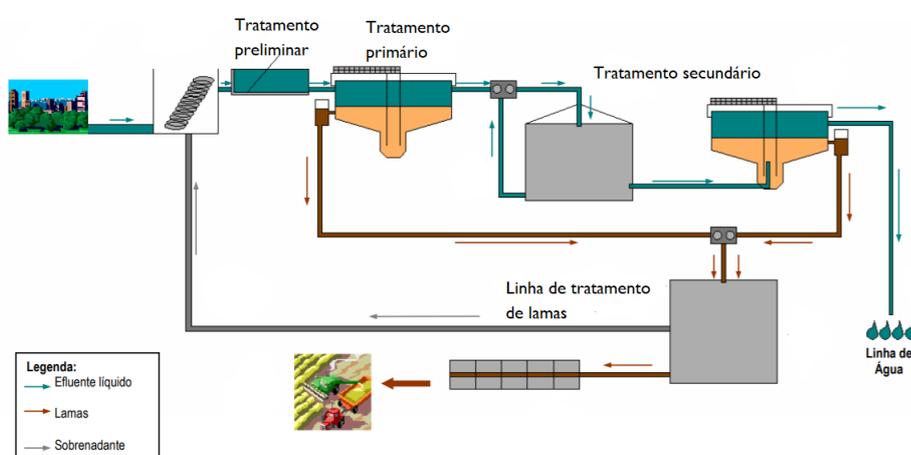


Figura 5: Esquematização do funcionamento de uma ETAR convencional, Mealhada⁹⁶.

Inicialmente, as redes de saneamento recolhem as ARs e encaminham-nas até à ETAR. Durante o tratamento preliminar as ARs são filtradas e separados os resíduos de maiores dimensões. Há passagem pela gradagem, tamisação, desarenação e desengorduramento. Em algumas ETARs são utilizados parafusos de Arquimedes⁹⁶ para elevar as ARs até à gradagem. A gradagem tem por objetivo a remoção de materiais de maiores dimensões, através de grades colocadas na entrada da ETAR. A desarenação consiste na remoção de areias. O desengorduramento consiste na remoção de óleos e gorduras de forma a evitar obstruções dos coletores, aderência aos equipamentos das redes de esgotos, acumulação de gorduras nas unidades de tratamento, formação de espumas, redução da eficiência da transferência de oxigénio nos tratamentos biológicos e aspeto desagradável no reator⁹⁷.

De seguida, as ARs são submetidas ao tratamento primário onde são encaminhadas para os decantadores primários onde os sólidos de menores dimensões, por ação da gravidade, vão sedimentar e seguir para os digestores⁹⁵.

O tratamento secundário tem como objetivo remover a matéria orgânica biodegradável, recorrendo a um tratamento biológico seguido de uma decantação secundária⁹⁸. Pela elevada biodegradabilidade que as ARs apresentam, o tratamento secundário de natureza biológica é o mais utilizado. O tratamento pode ocorrer por via anaeróbia, com a intervenção de microrganismos na ausência de oxigénio ou por via aeróbia na presença de oxigénio⁹⁹. Sendo este último o tratamento biológico mais comum.

Os milhares de microrganismos aeróbios presentes no reator irão alimentar-se da matéria orgânica biodegradável dissolvida nas AR⁹⁹. Nos decantadores secundários, os microrganismos aeróbios e as partículas em suspensão formadas são direcionados para os digestores anaeróbios⁹⁶ e o efluente clarificado, denominando posteriormente de AR tratada, é descarregado no meio recetor ou segue para tratamentos posteriores.

Nos digestores anaeróbios, as lamas formadas são estabilizadas devido à ação de bactérias que degradam a matéria orgânica¹⁰⁰. No processo de digestão há a formação de sobrenadante que regressa ao início do tratamento. As lamas que se formam são depositadas em leitos de secagem para diminuir o seu volume e teor de humidade (desidratação)⁹⁶. As águas resultantes desta secagem regressam ao início do tratamento. As lamas desidratadas resultantes são utilizadas como excelentes adubos orgânicos que podem ser usados diretamente na agricultura ou seguirem para aterros sanitários⁹⁶.

Os processos finais, são designados de tratamento terciário ou avançado⁹⁵. Estes procedimentos nem sempre são realizados nas ETARs e completam as etapas anteriores de tratamento das ARs, como medida de proteção ambiental e aperfeiçoamento da qualidade da água tratada antes da sua descarga no meio recetor. O tratamento terciário permite aumentar a eficiência da ETAR e pode englobar diversas operações como por exemplo, a ozonização, desinfecção, nanofiltração, osmose inversa e tratamento UV⁹⁵.

5.1 Nanofiltração

A existência de padrões mais exigentes relativamente à qualidade da água levou a um aumento da necessidade de tecnologias eficientes de filtração por membrana, como a nanofiltração (NF). A retenção de poluentes recorrendo a processos de membrana é conseguida através da filtração por tamanhos, adsorção na membrana e repulsão de cargas¹⁰¹. Estes mecanismos de remoção estão dependentes de uma série de fatores, como o tipo de procedimento membranar, as características da membrana, as condições da operação e as características específicas dos poluentes¹⁰². Devido à baixa eficiência de remoção, a microfiltração ou a ultrafiltração isoladas não são viáveis para a remoção destes poluentes¹⁰³.

Isto porque o tamanho dos poros da membrana é muito maior do que o tamanho molecular dos poluentes a remover acabando por serem ainda ligeiramente permeáveis a alguns poluentes relativamente pequenos⁸.

Esta é uma tecnologia relativamente recente introduzida nas ETARs, com características que se enquadram entre a ultrafiltração e a osmose inversa (OI)¹⁰⁴. É utilizada numa variedade de tratamentos de água e efluentes para a remoção seletiva de iões¹⁰⁵ (usado por isso, muitas vezes, para remover a dureza da água), substâncias orgânicas, e, em algumas aplicações específicas de dessalinização da água do mar¹⁰². A NF utiliza pressão para efetuar a separação de contaminantes da água. De uma forma geral, a água resultante dos processos de tratamento anteriores passa através de uma membrana semipermeável, com poros de tamanho na ordem dos nanómetros, que tem a capacidade de reter/rejeitar sólidos dissolvidos e/ou suspensos num fluxo de água¹⁰². A corrente de entrada é dividida em permeado, porção filtrada, e o concentrado, a porção não filtrada, rejeitada¹⁰². O tamanho de poro da membrana varia entre 1-5 nm⁹³, o que corresponde a um peso molecular de retenção de 100-5000 Da e opera a pressão mais baixa¹⁰⁴, comparativamente à OI (normalmente 7 a 30 bar)¹⁰¹. Esta metodologia de tratamento revela um menor consumo de energia, taxas de fluxo mais altas e uma maior seletividade⁹³, quando comparada com a OI. Isto faz com que a membrana de NF receba cada vez mais atenção para o tratamento de efluentes. Além dos tamanhos dos poros, outras características da membrana estão intimamente associados ao seu desempenho, como por exemplo a carga que esta apresenta⁹³. As membranas de NF exibem um nível de carga devido à dissociação de grupos funcionais de superfície ou à adsorção de solutos carregados¹⁰⁴. Dependendo da carga superficial da membrana de NF, o comportamento de remoção das moléculas de PPCPs pode variar.

A carbamazepina é um dos PPCPs detetado com maior frequência na água. A sua remoção não é fácil devido à sua resistência à biodegradação e ao tratamento biológico e verificou-se que foi apenas ligeiramente retida pela membrana de NF, enquanto que aproximadamente 60% do diclofenac e naproxeno foram retidos neste processo¹⁰⁶. Relativamente à remoção de vestígios de estrogénios, nomeadamente o etinilestradiol, a NF revelou-se um método eficaz, apresentando uma taxa de retenção média de 90%¹⁰⁷. O processo de separação por tecnologia de membrana, especialmente NF, tem perspectivas brilhantes no tratamento de ARs e grande potencial para desenvolvimento futuro. A integração com outros processos produz potencialmente efluentes de maior qualidade⁹³.

5.2 Carvão ativado

Um dos tratamentos avançados implementado em algumas ETARs para remover mais eficazmente resíduos de PPCPs é a utilização de carvão ativado. Este procedimento baseia-se no processo de adsorção do carvão ativado que consiste basicamente na acumulação de substâncias na interface entre duas fases (Figura 6). As moléculas de um composto dissolvido (adsorvido) aderem à superfície do sólido (adsorvente). O carvão ativado é uma forma de carbono processada para apresentar muitos poros de pequenas dimensões de forma a aumentar a área de superfície disponível para adsorção. A preparação do carvão ativado divide-se em 3 fases¹⁰⁸:

- **Carbonização:** o material carbonoso, como a madeira, amêndoa, cascas de coco, é primeiramente aquecido a altas temperaturas para produzir o carvão. O aquecimento é realizado na ausência de ar para evitar a destruição do material carbonáceo.
- **Ativação:** Passagem de gases levemente oxidantes para formar os poros.
- **Lavagem** para desobstruir os poros.

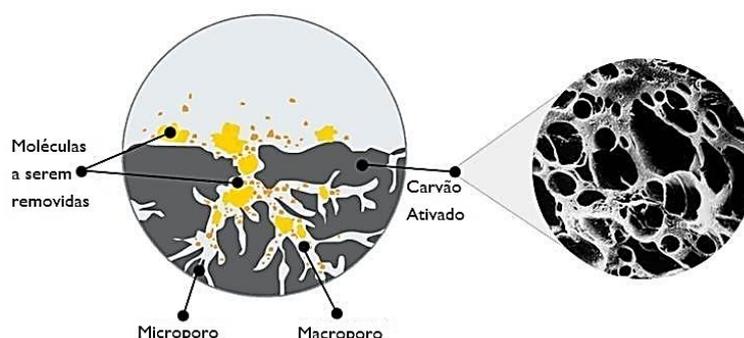


Figura 6: Processo de adsorção por carvão ativado¹⁰⁹.

Dependendo do tamanho dos poros, o carvão ativado pode ser classificado em carvão ativado em pó (PAC) ou carvão ativado granular (GAC)¹¹⁰. Os compostos orgânicos adsorvem à superfície do adsorvente por forças de Van der Waals, ligações de hidrogénio e eletrostáticas. As moléculas continuam a acumular-se na superfície até que a taxa de adsorção iguale a taxa de dessorção, o equilíbrio foi alcançado e não ocorrerá mais acumulação. Este equilíbrio é afetado pela área de superfície e tamanho dos poros do adsorvente e pela solubilidade, estrutura molecular, tamanho e grau de ionização do adsorvido¹¹¹.

O carvão ativado tem demonstrado ser muito eficaz na remoção destes poluentes. Utilizando 43 mg/L de PAC obteve-se uma taxa de remoção de diclofenac, carbamazepina, propranolol e azitromicina de 99%, 100%, 94% e 100%¹¹², respetivamente. Também

recorrendo ao GAC, mais utilizado para controlar o odor e sabor da água¹⁰³, o diclofenac, etinilestradiol e trimetoprim apresentaram uma taxa de remoção de 98%, 99%¹¹³ e 83%¹¹², respetivamente. Aproximadamente 99% de AHTN foi removido com sucesso através da utilização de GAC e o TCS apresentou uma eficiência de remoção bastante satisfatória (95%) recorrendo a esta técnica⁵⁸.

5.3 Osmose inversa

A OI, tal como a NF, é um processo de separação por membrana. Embora a OI tenha uma capacidade de separação semelhante à NF, com altas taxas de remoção de solutos, possui um custo operacional maior. O custo é geralmente devido à necessidade de altas pressões de operação. A OI é o processo inverso da osmose normal, onde o movimento do solvente ocorre da zona de menor concentração para a zona de maior concentração, de forma a atingir o equilíbrio osmótico¹¹⁴. Este processo de filtração por membrana consiste na passagem forçada da água através de uma membrana semipermeável, com poros pequenos, retendo o soluto de um dos lados permitindo que o solvente passe para o lado oposto¹¹⁵. É utilizada para remover sais, compostos orgânicos, vírus, microrganismos e fármacos¹¹⁵.

As membranas de OI encontram-se enroladas formando um cilindro. Conforme a água entra nestes cilindros flui sobre a superfície da membrana. À medida que se move de uma extremidade para a outra, os contaminantes ficarão retidos. As membranas removem as moléculas com base no seu tamanho, formato e carga¹¹⁶. Geralmente, contaminantes maiores que as partículas de água não passam a membrana¹¹⁴. São assim originados dois fluxos de água: a água limpa, pura, que atravessa a membrana de OI e a água que não permeia a membrana e retém os contaminantes, designado por concentrado¹¹⁶. A água pura flui para fora do cilindro através de uma das extremidades enquanto que o concentrado abandona o circuito por uma extremidade diferente. A água concentrada flui novamente para outros cilindros, para se repetir o mesmo procedimento e assim recuperar ainda mais água limpa¹¹⁶. O sistema à escala real com dupla passagem pela OI, demonstrou que a segunda passagem permite a remoção dos compostos que não foram completamente removidos na primeira passagem¹¹⁵. Cerca de 82%¹¹⁶ do concentrado inicial é recuperado em água pura por este processo. Deste modo, a abordagem com barreiras múltiplas é a mais apropriada para remoção de fármacos em concentrações vestigiais. No entanto, e apesar das suas vantagens, estes processos de filtração são concebidos para concentrar poluentes e não para os degradar, exigindo frequentemente a limpeza das membranas¹¹⁷. Um dos trabalhos de *Synder et al. (2007)*¹¹⁸ consistiu na avaliação da remoção de fármacos de um efluente secundário através de membranas, recorrendo a um

sistema que consistia numa unidade de OI. Na generalidade, a OI apresentou eficiências de remoção muito satisfatórias. Estas eficiências encontram-se descritas na Tabela 5. AINEs como o ibuprofeno e naproxeno, apresentaram eficiências de remoção de 90,3% e 80%, respetivamente¹¹⁸. Aproximadamente, 84% da cafeína foi removida com sucesso por este procedimento. O Triclosano e Trimetoprim, apresentaram eficiências de remoção na ordem dos 90%¹¹⁸.

Tabela 5: Remoção de PPCPs através da separação por OI¹¹⁸.

	Concentração no afluente (ng/L)	Concentração no permeado final (ng/L)	Eficiência de remoção (%)
Cafeína	311	<25	92,0
Fenitoína	259	<25	90,3
Estrona	167	<25	85,0
Etinilestradiol	125	<25	80,0
Fluoxetina	263	<25	90,5
Gemfibrozil	230	<25	89,1
Ibuprofeno	259	<25	90,3
Naproxeno	118	<25	78,8
Oxibenzona	218	<25	88,5
Progesterona	285	<25	91,2
Triclosano	246	<25	89,8
Trimetoprim	265	<25	90,6

5.4 Processos de oxidação avançada

Apesar de existirem já processos de oxidação, como a cloração, esta apresenta algumas desvantagens, como os riscos de segurança durante o transporte, armazenamento e manuseamento do cloro e a potencial formação de produtos carcinogénicos, como o triclorometano. Os processos de oxidação avançada (AOPs) têm revelado ser tecnologias, que apesar de recentes, se mostram eficazes na degradação de substâncias tóxicas e poluentes orgânicos presentes no meio aquático¹¹⁹. A eficácia dos AOPs depende da geração de radicais livres reativos, sendo o mais importante o radical hidroxilo (OH^\cdot)¹²⁰, espécie extremamente reativa e pouco seletiva que desempenha um papel central nos AOPs para tratamento de ARs¹²⁰. O potencial de redução do radical hidroxilo ($E^\circ = 2,73 \text{ V}$) é muito superior ao dos oxidantes convencionais, o que faz com que atue na oxidação de uma grande variedade de substâncias¹. Os radicais hidroxilo são formados a partir de oxidantes como o peróxido de hidrogénio (H_2O_2) e o ozono (O_3), sendo que a eficiência pode ser aumentada pela combinação

com radiação UV ou visível e catalisadores¹. Os radicais livres são átomos ou moléculas que contêm um ou mais elétrons desemparelhados na última camada eletrônica¹²¹. Os radicais podem reagir com os contaminantes por mecanismos distintos, dependendo da estrutura do composto alvo¹. O mecanismo de remoção de PPCPs por estes processos é ilustrado na Figura 7.

Foi relatado que ETARs equipadas com AOPs são eficientes na remoção de PPCPs. Compostos como a cafeína, indometacina e sulfametoxazol, foram removidos com eficácias de 89,5%, 84,2% e 92,2%, respectivamente⁵. Nesta revisão, apenas nos concentraremos na ozonização e tratamento UV/H₂O₂.

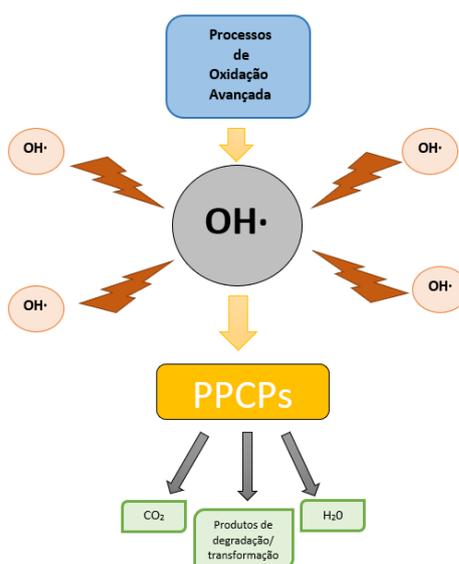


Figura 7: Degradação de PPCPs através de AOPs¹¹⁹.

5.4.1 Tratamento UV/H₂O₂

Atualmente, o tratamento UV tem vindo a ser usado para a remoção de PPCPs das ARs que chegam às estações de tratamento. O mecanismo deste tratamento consiste em clivar ligações químicas presentes nos contaminantes/poluentes através de luz UV direta, processo designado de fotólise. Contudo, a fotólise UV direta nem sempre se mostra eficaz¹²². Estudos anteriores demonstraram que esta não foi eficaz na diminuição da concentração de carbamazepina¹²³. Assim, foi necessário ajustar este procedimento de tratamento de forma a torná-lo mais eficaz. Um estudo realizado com o objetivo de examinar a eficácia potencial da fotólise UV e UV/H₂O₂ para o tratamento de diclofenac e AC em água revelou constantes de degradação de 0,65 min⁻¹ e 0,62 min⁻¹, respetivamente, quando acoplado H₂O₂ ao tratamento,

comparativamente com o tratamento apenas com UV, cujas constantes cinéticas foram mais baixas, $0,16 \text{ min}^{-1}$ e $0,39 \text{ min}^{-1}$, respetivamente¹²².

Assim, com o propósito de aumentar a capacidade do tratamento UV na redução de PPCPs, introduziu-se a combinação de UV com H_2O_2 . Este processo, à semelhança da ozonização, depende da geração de radicais hidroxilo. Estes radicais são gerados como resultado da absorção de luz UV pelo H_2O_2 . O H_2O_2 na presença de radiação UV gera radicais hidroxilo que posteriormente reagem com contaminantes orgânicos que sofrem degradação¹²⁴.

O paracetamol, AC, carbamazepina e diclofenac são exemplo de fármacos que foram quase totalmente removidos da água quando submetida a este tratamento^{125,126}.

Embora AOPs baseados no UV sejam considerados uma técnica eficaz no tratamento de PPCPs em ARs, uma grande quantidade de energia é consumida quando temos um tempo de irradiação mais longo, juntamente com a formação de subprodutos indesejáveis¹²⁷. Além disso, existem muitas substâncias complexas presentes em ARs, que, juntamente com os PPCPs, absorvem ou dispersam a luz e aumentam ainda mais a complexidade¹²⁷. Por vezes, estima-se que os subprodutos sejam mais tóxicos do que os contaminantes originais.

Em Portugal existem diversas ETARs que utilizam apenas o tratamento UV isolado, como por exemplo a ETAR de Alcântara que serve os municípios de Lisboa, Amadora e Oeiras. Apesar da desinfeção por radiação UV ser segura para o ambiente e necessitar de um tempo de contacto curto, tem sido demonstrado que se a água for muito turva a desinfeção não é eficiente e, apesar dos seus custos elevados, não revela uma remoção de PPCPs boa, funcionando melhor para a remoção de microrganismos¹²⁸, uma vez que altera o seu ADN por dimerização da timina impedindo a sua replicação.

5.4.2 Ozonização

A ozonização é o método de oxidação mais amplamente utilizado na remoção de PPCPs, devido ao seu potencial para degradar, parcial ou totalmente, estes compostos que escapam ao tratamento biológico. Apesar de ser o processo mais eficiente, a sua aplicação tem sido reduzida comparativamente a outros processos devido aos elevados custos¹²⁰.

O ozono é a forma triatómica do oxigénio e é capaz de reagir com uma numerosa classe de compostos orgânicos, devido ao seu alto poder oxidante ($E^\circ = 2,07 \text{ V}$), superior ao de outros compostos oxidantes como o H_2O_2 e o próprio Cloro¹²⁰. O ozono é produzido quando ocorre uma ação fotoquímica sobre as moléculas de oxigénio (Figura 8). Estas dissociam-se

em dois átomos de oxigénio. Estes átomos instáveis combinam-se com outras moléculas de oxigénio ficando num menor estado de energia, formando assim o ozono. O gerador de ozono, utilizado nas estações de tratamento, basicamente reproduz de forma controlada e eficaz este fenómeno natural.

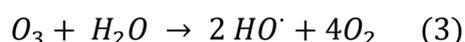
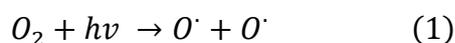


Figura 8: (1) e (2) Reações envolvidas na síntese do ozono. (3) Reação de decomposição do ozono quando em contacto com a água³³.

Sendo o ozono um reagente muito instável e tóxico, torna-se necessário que a sua síntese seja realizada no local e no momento em que é aplicado. Assim como o cloro, o ozono é instável em água e decompõe-se produzindo OH¹²⁹.

A aplicação de ozono é usada como agente de clarificação e desinfecção (regulação de sabor e odor, descoloração, destruição de germes e microrganismos) e oxidação (remoção de micropoluentes)¹³⁰. A ozonização promove a decomposição completa ou parcial de poluentes orgânicos de difícil degradação. Tais poluentes orgânicos, quando sofrem decomposição, formam O₂ e CO₂ e respetivos produtos de degradação/transformação (moléculas mais pequenas e menos complexas)¹¹⁹. Este procedimento apresenta algumas vantagens comparativamente a outros, trata-se de um processo ecológico, que respeita o meio ambiente, é rápido, eficaz e os sistemas de geração de ozono não necessitam de produtos químicos adicionais, apenas de ar e eletricidade.

Os resultados demonstraram que o ozono pode remover a maioria dos PPCPs com eficiência de remoção superiores a 90%¹³¹. Como mencionado anteriormente, o mecanismo de ozonização baseia-se principalmente na formação de radicais hidroxilo¹³¹. Assim, a concentração de radicais hidroxilo está diretamente relacionada com a taxa de ozonização de PPCPs. Antibióticos como o trimetoprim, revelaram um eficiência de remoção de 95%¹³². Compostos como a carbamazepina, paracetamol, AC, Bisfenol A e estrogénios foram completamente removidos por ozonização¹³³, não se verificando qualquer risco de formação de produtos de transformação tóxicos.

6. Conclusão e Perspetivas futuras

O uso crescente e global de PPCPs nos últimos anos e a sua presença omnipresente, ainda que em concentrações na ordem dos ng/L e µg/L, em ambientes aquáticos tem sido

reconhecida como uma preocupante questão ambiental. As águas de superfície e subterrâneas contaminadas por PPCPs necessitam de ser protegidas, passando esta proteção pela melhoria das metodologias de tratamento das ARs em ETARs convencionais, com o objetivo de reduzir a descarga direta. Conscientes da gravidade do problema de contaminação das águas por PPCPs, já existem, atualmente, vários projetos em desenvolvimento e alguns já em vigor com o objetivo de contribuírem para um planeta mais saudável, com a diminuição destes poluentes na água e dos seus efeitos adversos.

Várias são as marcas que, por iniciativa própria, obrigatoriedade por parte da legislação ou pressão dos consumidores, se comprometem a minimizar o impacto ambiental através da redução da concentração de filtros solares nas linhas de proteção solar. Através da utilização de formas ecológicas, sem ingredientes controversos, sem silicones, que respeitam o meio ambiente, sem impacto nos corais, fitoplâncton e zooplâncton, sem filtros hidrossolúveis (difíceis de assimilar pelos organismos marinhos), sem comprometer o cuidado dermatológico, a segurança da pele sensível e a eficácia da proteção solar¹³⁴.

A *Ocean Alive* suporta um projeto que responde ao problema da degradação das pradarias marinhas do estuário do Sado¹³⁵. As pradarias marinhas são um habitat constituído por plantas aquáticas que formam um complexo sistema de rizomas em zonas costeiras, lagoas, rias e estuários. Geralmente ocupam águas pouco profundas pois apenas sobrevivem até profundidade com luz suficiente para realizar a fotossíntese. Em Portugal existem várias pradarias marinhas, estando a maior delas localizada na Ria Formosa¹³⁵. As pradarias marinhas oferecem-nos diversos serviços de ecossistema, um conjunto de processos naturais que, direta ou indiretamente, contribuem para o bem-estar do ser humano. Suportam 1/5 das maiores pescarias mundiais e são o habitat berçário de espécies comerciais¹³⁵. Regulam o clima sequestrando e armazenando grandes quantidades de carbono na sua biomassa e sedimento, com um valor médio de 830 Kg de carbono/hectare/ano, cerca de 30 vezes superior às florestas terrestres, ajudam a mitigar as alterações climáticas, reduzem em 50% a carga bacteriana patogénica que poderá afetar humanos, peixes e corais, produzem oxigénio, são *hotspots* de biodiversidade marinha, incluindo espécies protegidas e carismáticas, previnem a erosão costeira e protegem contra tempestades e inundações, são filtros naturais, retendo os sedimentos e retirando os nutrientes em excesso da água e fornecem serviços culturais que dão identidade às comunidades e são oportunidade de atividades recreativas¹³⁵. As pradarias marinhas, pra além de reciclarem os nutrientes, funcionam como estação de tratamento de resíduos (cada hectare limpa os efluentes de 200 pessoas)¹³⁵. Apesar da sua existência ser desconhecida para muitas pessoas, a degradação destas pradarias acaba por ter impactos

bastante negativos nos ecossistemas e na saúde. Como tal, é fundamental a sua proteção e preservação. A diminuição da concentração de filtros UV nos produtos de proteção solar é uma das formas de ajudar neste projeto tão urgente e importante.

Atualmente, estudam-se e implementam-se formas de mudar o processo de produção de medicamentos já existentes para adaptá-los à chamada “Química Verde”. A ideia passa por criar um novo processo de síntese para o mesmo produto final, diminuindo ou eliminando o uso ou geração de substâncias nocivas à saúde e ao ambiente¹³⁶. Esta ideia pretende mostrar que procedimentos químicos que originam problemas ambientais podem ser substituídos por alternativas menos poluentes ou não poluentes de todo¹³⁷.

A indústria farmacêutica está a fazer grandes investimentos em direção a matérias-primas “mais verdes”, solventes mais seguros, processos alternativos e ideias inovadoras¹³⁷. No desenho de um fármaco devemos ter em atenção as substâncias em que este se degrada uma vez que os produtos de degradação podem eles mesmo ser tóxicos e devem ser avaliados. É hoje possível adicionar grupos funcionais à estrutura de um fármaco de modo a facilitar a sua degradação¹³⁷.

Os 12 princípios da Química Verde são etapas fundamentais que fornecem orientações para otimizar produtos, processos e sistemas que todas as indústrias devem aplicar¹³⁶. Entre eles destaca-se a prevenção, o investimento em tecnologias mais limpas, o desenvolvimento de metodologias sintéticas que utilizam e geram substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade, o uso de reagentes seguros e a projeção dos produtos químicos para a biocompatibilidade, em que após a sua utilização não permaneçam no ambiente, degradando-se em produtos inócuos¹³⁶. Assim, com a produção de medicamentos e outros produtos farmacêuticos que se degradam totalmente no ambiente ou que sejam completamente metabolizados pelo organismo estamos a contribuir para uma redução gigantesca nos resíduos que chegam aos ambientes aquáticos.

Recentemente, algumas tecnologias avançadas, como filtração por membrana, adsorção de carbono e AOPs, foram amplamente adotadas para a remoção de PPCPs. No entanto, o desempenho e o custo dos diferentes processos devem ser avaliados consoante os poluentes que se pretendam eliminar. Os resultados fornecerão uma base teórica essencial para a otimização dos sistemas de tratamento que podem contribuir significativamente para a proteção dos ambientes aquáticos recetores.

Referências Bibliográficas

1. ALESSANDRA, Silene *et al.* – **Degradação de fármacos residuais por processos oxidativos avançados – Revisão.** Química Nova. 32:1 (2009) 188-197.
2. AEA – **O ambiente na Europa - Situação e Perspetivas 2010: Síntese.** Copenhaga: 2010. ISBN 9789292131241.
3. LAPWORTH, D. J. *et al.* – **Emerging organic contaminants in groundwater: A review of sources, fate and occurrence.** Environmental Pollution. 163 (2012) 287-303.
4. DEY, Saptarshi *et al.* – **Pharmaceuticals and personal care product (PPCP) contamination - a global discharge inventory.** In: PRASAD, M.N.V.; VITHANAGE, Meththika; KAPLEY, Ataya. Pharmaceuticals and Personal Care Products: Waste Management and Treatment Technology Emerging Contaminants and Micro Pollutants. Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann, 2019. ISBN 9780128165904, 1-26.
5. LIN, Tao *et al.* – **Chemosphere Occurrence , removal and risk assessment of pharmaceutical and personal care products (PPCPs) in an advanced drinking water treatment plant (ADWTP) around Taihu Lake in China.** Chemosphere. 152 (2016) 1-90 .
6. LIU, Jin-Lin; WONG, Ming-Hung – **Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs): A review on environmental contamination in China.** Environment International. 59 (2013) 208-224.
7. DAUGHTON, Christian G.; TERNES, Thomas A. – **Pharmaceuticals and Personal Care Products in the Environment : Agents of Subtle Change?.** Environmental Health Perspect. 107-SUPPL.6 (1999) 907-938.
8. YANG, Yi *et al.* – **Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review.** Science of the Total Environment. 596–597 (2017) 303-320.
9. EWADH, Hind M. *et al.* – **Pharmaceuticals and Personal Care Products : Sources , Toxicity in the Environment , Regulations and Removal Technologies.** Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences. 10:3 (2017) 1180-1187.
10. **Decisão de execução 2020/1161 da Comissão Europeia.** Jornal Oficial da União Europeia. L 257. (4 de agosto de 2020). 32-35.
11. DAUGHTON, Christian G. – **Environmental stewardship and drugs as pollutants.** Lancet. 360:9339 (2002) 1035-1036.
12. MUTHANNA, T. M. – **The impact of hospital sewage discharge on the assessment**

- of environmental risk posed by priority pharmaceuticals: Hydrodynamic modelling and measurements.** 11th International Conference on Urban Drainage, Edinburgh, Scotland, UK. 2006 (2008) 1-10.
13. OHORO, C. R. *et al.* – **Distribution and chemical analysis of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the environmental systems: A review.** International Journal of Environmental Research and Public Health. 16:17 (2019)
 14. TERNES, Thomas A. *et al.* – **Scrutinizing pharmaceuticals and personal care products in wastewater treatment.** Environmental Science & Technology. (2004) 392-399.
 15. SUI, Qian *et al.* – **Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: A review.** Emerging Contaminants. 1:1 (2015) 14-24.
 16. ANDREU, Vicente *et al.* – **Analytical strategies to determine quinolone residues in food and the environment.** TrAC - Trends in Analytical Chemistry. 26:6 (2007) 534-556.
 17. BILA, Daniele Maia; DEZOTTI, Marcia – **Fármacos no meio ambiente – Revisão.** Química Nova. 26:4 (2003) 523-530.
 18. FARRÉ, Marinel La *et al.* – **Fate and toxicity of emerging pollutants, their metabolites and transformation products in the aquatic environment.** TrAC - Trends in Analytical Chemistry. 27:11 (2008) 991-1007.
 19. ANKER, John Van Den *et al.* – **Developmental Changes in Pharmacokinetics and Pharmacodynamics.** Journal of Clinical Pharmacology. 58:May (2018) 10-25.
 20. CARBALLA, Marta *et al.* – **How are pharmaceutical and personal care products (PPCPs) removed from urban wastewaters ?. Reviews in Environmental Science and Bio/technology.** (2008) 125-138.
 21. DANCYGIER, Henryk – **Hepatic Biotransformation.** In: DANCYGIER, Henryk. Clinical Hepatology: Principles and practice of hepatobiliary diseases. Germany: Springer Science+Business Media, 2010. ISBN: 9783540938422, 127-130.
 22. RICHARDSON, Bruce J. *et al.* – **Emerging chemicals of concern: Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in Asia, with particular reference to Southern China.** Marine Pollution Bulletin. 50:9 (2005) 913-920.
 23. SANTOS, Lúcia H. M. L. M. *et al.* – **Contribution of hospital effluents to the load of pharmaceuticals in urban wastewaters: Identification of ecologically relevant pharmaceuticals.** Science of the Total Environment. 461–462 (2013) 302-316.
 24. JENNIFER, Anekwe *et al.* – **Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs)**

- in the freshwater aquatic environment.** *Emerging Contaminants Journal*. 2016 (2017).
25. KASPRZYK-HORDERN, Barbara *et al.* – **The removal of pharmaceuticals, personal care products, endocrine disruptors and illicit drugs during wastewater treatment and its impact on the quality of receiving waters.** *Water Research*. 43:2 (2009) 363-380.
 26. JJEMBA, Patrick K. – **Detection and Occurrence of PPCPs in the Environment.** *Pharma-Ecology*. 2005 (2018) 119-176.
 27. BLAIR, Benjamin D. *et al.* – **Pharmaceuticals and personal care products found in the Great Lakes above concentrations of environmental concern.** *Chemosphere*. 93:9 (2013) 2116-2123.
 28. SUN, Qian *et al.* – **Seasonal variation in the occurrence and removal of pharmaceuticals and personal care products in a wastewater treatment plant in Xiamen, China.** *Journal of Hazardous Materials*. 277 (2014) 69-75.
 29. SUN, Ping *et al.* – **Distributions of polycyclic musk fragrance in wastewater treatment plant (WWTP) effluents and sludges in the United States.** *Science of the Total Environment*. 493 (2014) 1073-1078.
 30. SANTOS, Lúcia H. M. L. M. *et al.* – **Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment.** *Journal of Hazardous Materials*. 175:1-3 (2010) 45-95.
 31. LINDQVIST, Niina *et al.* – **Occurrence of acidic pharmaceuticals in raw and treated sewages and in receiving waters.** *Water Research*. 39:11 (2005) 2219-2228.
 32. ZHANG, Xin *et al.* – **Occurrence, removal, and risk assessment of antibiotics in 12 wastewater treatment plants from Dalian, China.** *Environmental Science and Pollution Research*. 24:19 (2017) 16478-16487.
 33. ANJALI, R.; SHANTHAKUMAR, S. – **Insights on the current status of occurrence and removal of antibiotics in wastewater by advanced oxidation processes.** *Journal of Environmental Management*. 246:May (2019) 51-62.
 34. VYMAZAL, Jan *et al.* – **Occurrence and removal of estrogens, progesterone and testosterone in three constructed wetlands treating municipal sewage in the Czech Republic.** *Science of the Total Environment*. 536 (2015) 625-631.
 35. MOHAPATRA, Sanjeeb *et al.* – **Occurrence and fate of pharmaceuticals in WWTPs in India and comparison with a similar study in the United States.** *Chemosphere*. 159 (2016) 526-535.
 36. TERNES, Thomas A. – **Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers.** *Water Research*. 32:11 (1998) 3245-3260.

37. SANTOS, J. L. *et al.* – **Occurrence of pharmaceutically active compounds during 1-year period in wastewaters from four wastewater treatment plants in Seville (Spain).** *Journal of Hazardous Materials.* 164:2–3 (2009) 1509-1516.
38. BUERGE, Ignaz J. *et al.* – **Occurrence and fate of the cytostatic drugs cyclophosphamide and ifosfamide in wastewater and surface waters.** *Environmental Science and Technology.* 40:23 (2006) 7242-7250.
39. HEATH, Ester, ISIDORI, Marina, KOSJEK, Tina, FILIPIČ, Metka – **Fate and effects of anticancer drugs in the environment.** 1^a Ed. Slovenia: Springer Science+Business Media, 2020. ISBN 9783030210489.
40. MARTÍN, Julia *et al.* – **Occurrence and ecotoxicological risk assessment of 14 cytostatic drugs in wastewater.** *Water, Air and Soil Pollution.* 225:3 (2014).
41. STUMPF, Marcus *et al.* – **Polar drug residues in sewage and natural waters in the state of Rio de Janeiro, Brazil.** *Science of the Total Environment.* 225:1–2 (1999) 135-141.
42. LI, Jianan *et al.* – **Occurrence and removal of antibiotics and the corresponding resistance genes in wastewater treatment plants: effluents influence to downstream water environment.** *Environmental Science and Pollution Research.* 23:7 (2016) 6826-6835.
43. BOECKEL, Thomas P. Van *et al.* – **Global trends in antimicrobial use in food animals.** *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America.* 112:18 (2015) 5649-5654.
44. SACDAL, Rosselle *et al.* – **Overview of the analysis , occurrence and ecological effects of hormones in lake waters in Asia.** *Environmental Research.* 182:September 2019 (2020).
45. RUAN, Yuefei *et al.* – **Seasonal occurrence and fate of chiral pharmaceuticals in different sewage treatment systems in Hong Kong: Mass balance, enantiomeric profiling, and risk assessment.** *Water Research.* 149 (2019) 607-616.
46. YI, Ming *et al.* – **B-blockers in the environment : Distribution , transformation , and ecotoxicity.** *Environmental Pollution.* 266 (2020).
47. SINGH, Vineet; SUTHAR, Surindra – **Occurrence, seasonal variations, and ecological risk of pharmaceuticals and personal care products in River Ganges at two holy cities of India.** *Chemosphere.* 268 (2021).
48. HEBERER, Thomas – **Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: A review of recent research data.** *Toxicology Letters.* 131:1–2 (2002) 5–17.

49. GÓMEZ-CANELA, Cristian *et al.* – **Occurrence of cytostatic compounds in hospital effluents and wastewaters, determined by liquid chromatography coupled to high-resolution mass spectrometry.** *Analytical and Bioanalytical Chemistry.* 406:16 (2014) 3801-3814.
50. KÜMMERER, Klaus; HELMERS, Eckard – **Hospital effluents as a source of gadolinium in the aquatic environment.** *Environmental Science and Technology.* 34:4 (2000) 573-577.
51. YIN, Jie *et al.* – **A preliminary study on the occurrence of cytostatic drugs in hospital effluents in Beijing, China.** *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology.* 84:1 (2010) 39-45.
52. STEGER-HARTMANN, Thomas *et al.* – **Trace analysis of the antineoplastics ifosfamide and cyclophosphamide in sewage water by two-step solid-phase extraction and gas chromatography-mass spectrometry.** *Journal of Chromatography A.* 726:1–2 (1996) 179-184.
53. CARMONA, Eric *et al.* – **Occurrence of acidic pharmaceuticals and personal care products in Turia River Basin: From waste to drinking water.** *Science of the Total Environment.* 484:1 (2014) 53-63.
54. MCAVOY, Drew C. *et al.* – **Measurement of Triclosan in Wastewater Treatment Systems.** *Environmental Toxicology and Chemistry.* 21:7 (2002) 1323-1329.
55. SUI, Qian *et al.* – **Occurrence and removal of pharmaceuticals, caffeine and DEET in wastewater treatment plants of Beijing, China.** *Water Research.* 44:2 (2010) 417-426.
56. TSUI, Mirabelle M. P. *et al.* – **Seasonal occurrence, removal efficiencies and preliminary risk assessment of multiple classes of organic UV filters in wastewater treatment plants.** *Water Research.* 53 (2014) 58-67.
57. FRANSWAY, Anthony F. *et al.* – **Parabens.** *Dermatitis.* 30:1 (2019) 3-31.
58. HERNÁNDEZ-LEAL, L. *et al.* – **Removal of micropollutants from aerobically treated grey water via ozone and activated carbon.** *Water Research.* 45:9 (2011) 2887-2896.
59. **Regulamento n.º 1004/2014 da Comissão Europeia.** *Jornal Oficial da União Europeia.* L 282. (18 de setembro de 2014). 5-8.
60. COSTANZO, S. D. *et al.* – **Is there a risk associated with the insect repellent DEET (N,N-diethyl-m-toluamide) commonly found in aquatic environments?** *Science of the Total Environment.* 384:1–3 (2007) 214-220.
61. MARQUES DOS SANTOS, Mauricius *et al.* – **DEET occurrence in wastewaters:**

- Seasonal, spatial and diurnal variability - mismatches between consumption data and environmental detection.** *Environment International*. 132:April (2019).
62. CASTRO, M. *et al.* – **Occurrence, profile and spatial distribution of UV-filters and musk fragrances in mussels from Portuguese coastline.** *Marine Environmental Research*. 138:December 2017 (2018) 110-118.
63. SCHNEIDER, Samantha L.; LIM, Henry W. – **Review of environmental effects of oxybenzone and other sunscreen active ingredients.** *Journal of the American Academy of Dermatology*. 80:1 (2019) 266-271.
64. MAO, Feijian *et al.* – **Effects of benzophenone-3 on the green alga *Chlamydomonas reinhardtii* and the cyanobacterium *Microcystis aeruginosa*.** *Aquatic Toxicology*. 193:April (2017) 1-8.
65. DOWNS, C. A. *et al.* – **Toxicopathological Effects of the Sunscreen UV Filter, Oxybenzone (Benzophenone-3), on Coral Planulae and Cultured Primary Cells and Its Environmental Contamination in Hawaii and the U.S. Virgin Islands.** *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 70:2 (2016) 265-288.
66. BLÜTHGEN, Nancy *et al.* – **Accumulation and effects of the UV-filter octocrylene in adult and embryonic zebrafish (*Danio rerio*).** *Science of the Total Environment*. 476–477:2014) 207-217.
67. BENS, Guido – **Sunscreens.** In: MASON, R.S.; REICHRATH, J. - Sunlight vitamin D and skin cancer. New York: Springer Science+Business Media, 2014. ISBN 9781493904372, 429-463.
68. CLEUVERS, Michael – **Aquatic ecotoxicity of pharmaceuticals including the assessment of combination effects.** *Toxicology Letters*. 142:3 (2003) 185–194.
69. GARCÍA-GALÁN, María Jesús *et al.* – **Ecotoxicity evaluation and removal of sulfonamides and their acetylated metabolites during conventional wastewater treatment.** *Science of the Total Environment*. 437 (2012) 403-412.
70. ISIDORI, Marina *et al.* – **Ecotoxicity of naproxen and its phototransformation products.** *Science of the Total Environment*. 348:1–3 (2005) 93-101.
71. KEMPER, Nicole – **Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment.** *Ecological Indicators*. 8:1 (2008) 1-13.
72. ZHANG, Xu Xiang *et al.* – **Antibiotic resistance genes in water environment.** *Applied Microbiology and Biotechnology*. 82:3 (2009) 397-414.
73. ANDERSSON, Dan I.; HUGHES, Diarmaid – **Selection and Transmission of Antibiotic-Resistant Bacteria.** *Microbial Transmission*. (2017) 117-137.
74. FENT, Karl *et al.* – **A tentative environmental risk assessment of the UV-filters 3-**

- (4-methylbenzylidene-camphor), 2-ethyl-hexyl-4-trimethoxycinnamate, benzophenone-3, benzophenone-4 and 3-benzylidene camphor. *Marine Environmental Research*. 69:SUPPL. 1 (2010) 4-6.
75. KOLPIN, Dana W. *et al.* – **Pharmaceuticals, hormones, and other organic wastewater contaminants in U.S. streams, 1999-2000: A national reconnaissance.** *Environmental Science and Technology*. 36:6 (2002) 1202-1211.
76. BASHSHUR, Rashid L. *et al.* – **Chapter 8: Executive summary.** *Telemedicine Journal and e-Health*. ISSN 15305627. 8:1 (2002) 95-107.
77. PEREIRA, André *et al.* – **Selected pharmaceuticals in different aquatic compartments: Part II-Toxicity and environmental risk assessment.** *Molecules*. 25:8 (2020).
78. MIMEAULT, C. *et al.* – **The human lipid regulator, gemfibrozil bioconcentrates and reduces testosterone in the goldfish, *Carassius auratus*.** *Aquatic Toxicology*. 73:1 (2005) 44–54.
79. PARROTT, Joanne L.; BLUNT, Beverley R. – **Life-cycle exposure of fathead minnows (*Pimephales promelas*) to an ethinylestradiol concentration below 1 ng/L reduces egg fertilization success and demasculinizes males.** *Environmental Toxicology*. 20:2 (2005) 131-141.
80. MEHINTO, Alvine C. *et al.* – **Uptake and biological effects of environmentally relevant concentrations of the nonsteroidal anti-inflammatory pharmaceutical diclofenac in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*).** *Environmental Science and Technology*. 44:6 (2010) 2176-2182.
81. VANNINI, Candida *et al.* – **Effects of a complex mixture of therapeutic drugs on unicellular algae *Pseudokirchneriella subcapitata*.** *Aquatic Toxicology*. 101:2 (2011) 459-465.
82. DANOVARO, Roberto *et al.* – **Sunscreens cause coral bleaching by promoting viral infections.** *Environmental Health Perspectives*. 116:4 (2008) 441-447.
83. FINN, Juliane *et al.* – **Effects of propranolol on heart rate and development in Japanese medaka (*Oryzias latipes*) and zebrafish (*Danio rerio*).** *Aquatic Toxicology*. 122–123 (2012) 214-221.
84. FLIPPIN, Jennifer L. *et al.* – **Changes in the timing of reproduction following chronic exposure to ibuprofen in Japanese medaka, *Oryzias latipes*.** *Aquatic Toxicology*. 81:1 (2007) 73-78.
85. WILLIAMS, Larry N. *et al.* – **Estudo dos efeitos de paracetamol em parâmetros reprodutivos e comportamentais de *Daphnia magna*.** *Journal of Pediatrics*. 48:1

- (2012) 1-7.
86. CHEN, Fang *et al.* – **Toxicity assessment of simulated urban runoff containing polycyclic musks and cadmium in *Carassius auratus* using oxidative stress biomarkers.** *Environmental Pollution*. 162 (2012) 91-97.
 87. YANG, Li Hua *et al.* – **Growth-inhibiting effects of 12 antibacterial agents and their mixtures on the freshwater microalga *Pseudokirchneriella subcapitata*.** *Environmental Toxicology and Chemistry*. 27:5 (2008) 1201-1208.
 88. XUE, Jingchuan *et al.* – **Elevated Accumulation of Parabens and their Metabolites in Marine Mammals from the United States Coastal Waters.** *Environmental Science and Technology*. 49:20 (2015) 12071-12079.
 89. MIKULA, Přemysl *et al.* – **Influence of Propylparaben on Vitellogenesis and Sex Ratio in Juvenile Zebrafish (*Danio rerio*).** *Acta Veterinaria Brno*. 9 (2008) 319-326.
 90. HASSANZADEH, Nasrin – **Histopathological evaluation of the Zebrafish (*Danio rerio*) testis following exposure to methyl paraben.** *Int. J. Aquat. Biol.* 5:2 (2017) 71-78.
 91. REY, Zoe Rodriguez DEL *et al.* – **Expression of HSP70 in *Mytilus californianus* following exposure to caffeine.** *Ecotoxicology*. 20:4 (2011) 855-861.
 92. ROSA, L.V.C. – **Efeitos neurocomportamentais promovidos pela cafeína em duas populações de peixe-zebra.** Santa Maria, RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2017. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br>
 93. MULYANTI, R.; SUSANTO, H. – **Wastewater treatment by nanofiltration membranes.** *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 142:1 (2018).
 94. **Decreto-Lei n.º 152/97.** Diário da República. 1ª série. 139. (19 de junho de 1997), 2959-2967.
 95. **ÁGUAS DO NORTE – Tratamento de Águas Residuais.** [Acedido a 28 de maio de 2021]. Disponível em: <https://www.adnorte.pt/pt/educacao-ambiental/ciclo-urbano-da-agua/tratamento-de-aguas-residuais/?id=116>
 96. CM MEALHADA – **Esquema de Funcionamento da ETAR convencional.** [Acedido a 27 de maio de 2021]. Disponível em: https://www.cm-mealhada.pt/ficheiros/areas/ambiente/etar/amb_visetar_func.pdf
 97. Dezotti, Márcia. **Processos e técnicas para o controlo ambiental de efluentes líquidos.** 1ª Ed. Rio de Janeiro: E-papers, 2008. ISBN 8576501732.
 98. BURCH, Kayla D. *et al.* – **Removal efficiency of commonly prescribed antibiotics via tertiary wastewater treatment.** *Environmental Science and Pollution Research*. 26:7 (2019) 6301-6310.

99. SONUNE, Amit; GHATE, Rupali – **Developments in wastewater treatment methods.** Desalination. 167:1-3 (2004) 55-63.
100. GRANDCLÉMENT, Camille *et al.* – **From the conventional biological wastewater treatment to hybrid processes, the evaluation of organic micropollutant removal: A review.** Water Research. 111 (2017) 297-317.
101. SHON, H. K. *et al.* – **Nanofiltration for water and wastewater treatment - A mini review.** Drinking Water Engineering and Science. 6:1 (2013) 47-53.
102. ABDEL-FATAH, Mona A. – **Nanofiltration systems and applications in wastewater treatment: Review article.** Ain Shams Engineering Journal. 9:4 (2018) 3077-3092.
103. LUO, Yunlong *et al.* – **A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment.** Science of the Total Environment. 473–474 (2014) 619-641.
104. LICONA, K. P. M. *et al.* – **Assessing potential of nanofiltration and reverse osmosis for removal of toxic pharmaceuticals from water.** Journal of Water Process Engineering. 25:March (2018) 195-204.
105. SHAHMANSOURI, Arash; BELLONA, Christopher – **Nanofiltration technology in water treatment and reuse: Applications and costs.** Water Science and Technology. 71:3 (2015) 309-319.
106. RÖHRICHT, Markus *et al.* – **Elimination of carbamazepine, diclofenac and naproxen from treated wastewater by nanofiltration.** Clean - Soil, Air, Water. 37:8 (2009) 638-641.
107. RIENZIE, Ryan *et al.* – **Nanotechnology applications for the removal of environmental contaminants from pharmaceuticals and personal care products.** In: PRASAD, M.N.V.; VITHANAGE, Meththika; KAPLEY, Ataya. Pharmaceuticals and Personal Care Products: Waste Management and Treatment Technology Emerging Contaminants and Micro Pollutants. Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann, 2019. ISBN 9780128165904, 279-296.
108. RAJAPAKSHA P, Piumie *et al.* – **Graphene, electrospun membranes and granular activated carbon for eliminating heavy metals, pesticides and bacteria in water and wastewater treatment processes.** Analyst. 143:23 (2018) 5629-5645.
109. JEROEN, Decker – **Functionalized Metal-Organic Frameworks As Selective Metal Adsorbents.** Ghent, Belgium: Ghent University, 2017. Disponível em: <https://biblio.ugent.be/>
110. BOEHLER, M. *et al.* – **Removal of micropollutants in municipal wastewater**

- treatment plants by powder-activated carbon. *Water Science and Technology*. 66:10 (2012) 2115-2121.
111. EK, Mats *et al.* – **Activated carbon for the removal of pharmaceutical residues from treated wastewater.** *Water Science and Technology*. 69:11 (2014) 2372-2380.
112. KOVALOVA, Lubomira *et al.* – **Elimination of micropollutants during post-treatment of hospital wastewater with powdered activated carbon, ozone, and UV.** *Environmental Science and Technology*. 47:14 (2013) 7899-7908.
113. GROVER, D. P. *et al.* – **Improved removal of estrogenic and pharmaceutical compounds in sewage effluent by full scale granular activated carbon: Impact on receiving river water.** *Journal of Hazardous Materials*. 185:2–3 (2011) 1005-1011.
114. GREENLEE, Lauren F. *et al.* – **Reverse osmosis desalination: Water sources, technology, and today's challenges.** *Water Research*. 43:9 (2009) 2317-2348.
115. COMERTON, Anna M. *et al.* – **The rejection of endocrine disrupting and pharmaceutically active compounds by NF and RO membranes as a function of compound and water matrix properties.** *Journal of Membrane Science*. 313:1-2 (2008) 323–335.
116. Seqwater – **What is reverse osmosis?** 2017. [Acedido a 27 de agosto de 2021]. Disponível em: <https://www.seqwater.com.au/>
117. TAHERAN, Mehrdad *et al.* – **Membrane processes for removal of pharmaceutically active compounds (PhACs) from water and wastewaters.** *Science of the Total Environment*. 547 (2016) 60-77.
118. SNYDER, Shane A. *et al.* – **Role of membranes and activated carbon in the removal of endocrine disruptors and pharmaceuticals.** *Desalination*. 202:1–3 (2007) 156-181.
119. MORONE, Amruta *et al.* – **Removal of pharmaceutical and personal care products from wastewater using advanced materials.** In: PRASAD, M.N.V.; VITHANAGE, Meththika; KAPLEY, Ataya. *Pharmaceuticals and Personal Care Products: Waste Management and Treatment Technology Emerging Contaminants and Micro Pollutants*. Oxford, United Kingdom: Butterworth-Heinemann, 2019. ISBN 9780128165904, 173-212.
120. WANG, Jian Long; XU, Le Jin – **Advanced oxidation processes for wastewater treatment: Formation of hydroxyl radical and application.** *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 42:3 (2012) 251-325.
121. OULTON, Rebekah L. *et al.* – **Pharmaceuticals and personal care products in effluent matrices: A survey of transformation and removal during wastewater**

- treatment and implications for wastewater management. *Journal of Environmental Monitoring*. 12:11 (2010) 1956-1978.
122. KIM, In Young *et al.* – **Kinetics and degradation mechanism of clofibric acid and diclofenac in UV photolysis and UV/H₂O₂ reaction.** *Desalination and Water Treatment*. 52:31–33 (2014) 6211–6218.
 123. VOGNA, Davide *et al.* – **Advanced oxidation of the pharmaceutical drug diclofenac with UV/H₂O₂ and ozone.** *Water Research*. 38:2 (2004) 414-422.
 124. ROSARIO-ORTIZ, Fernando L. *et al.* – **Evaluation of UV/H₂O₂ treatment for the oxidation of pharmaceuticals in wastewater.** *Water Research*. 44:5 (2010) 1440-1448.
 125. LI, Wenzhen *et al.* – **UV and VUV photolysis vs. UV/H₂O₂ and VUV/H₂O₂ treatment for removal of clofibric acid from aqueous solution.** *Environmental Technology*. 32:10 (2011) 1063-1071.
 126. ANDREOZZI, Roberto *et al.* – **Effects of advanced oxidation processes (AOPs) on the toxicity of a mixture of pharmaceuticals.** *Water Science and Technology*. 50:5 (2004) 23-28.
 127. LIU, Hang *et al.* – **Photocatalytic Advanced Oxidation Processes for Water Treatment: Recent Advances and Perspective.** *Chemistry - An Asian Journal*. 15:20 (2020) 3239-3253.
 128. ASANO, T.; BURTON, F.L.; LEVERENZ, H.L.; TSUCHIHASHI, R.; TCHOBANOGLOUS, G. “**Water reuse: issues, technologies and applications**” 1^a Ed. New York: McGraw-Hill, 2007. ISBN 0071459278.
 129. GUNTEN, Urs Von – **Ozonation of drinking water: Part I. Oxidation kinetics and product formation.** *Water research*. 37 (2003) 1443-1467.
 130. ANDREOZZI, Roberto *et al.* – **Ozonation and H₂O₂/UV treatment of clofibric acid in water: A kinetic investigation.** *Journal of Hazardous Materials*. 103:3 (2003) 233-246.
 131. WANG, Jianlong; WANG, Shizong – **Removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) from wastewater: A review.** *Journal of Environmental Management*. 182 (2016) 620-640.
 132. ADAMS, C. *et al.* – **Removal of Antibiotics from Surface and Distilled Water in Conventional Water Treatment Processes.** *Journal of Environmental Engineering*. 128:3 (2002) 253-260.
 133. ESPLUGAS, Santiago *et al.* – **Ozonation and advanced oxidation technologies to remove endocrine disrupting chemicals (EDCs) and pharmaceuticals and**

- personal care products (PPCPs) in water effluents.** Journal of Hazardous Materials. 149:3 (2007) 631-642.
134. EAU THERMALE AVÈNE – **Skin Protect Ocean Respect.** [Acedido a 27 de julho de 2021]. Disponível em: <https://www.eau-thermale-avene.pt/skinprotect-oceanrespect/skin-protect-ocean-respect>
135. OCEAN ALIVE – **Pradarias marinhas.** [Acedido a 27 de julho de 2021]. Disponível em: <https://www.ocean-alive.org/pradarias-marinhas>
136. LENARDÃO, Eder João *et al.* – **“Green chemistry” - Os 12 princípios da química verde e sua inserção nas atividades de ensino e pesquisa.** Química Nova. 126:1 (2003) 123-129.
137. PRADO, Alexandre G. S. – **Química verde, os desafios da química do novo milênio.** Química Nova. 26:5 (2003) 738-744.