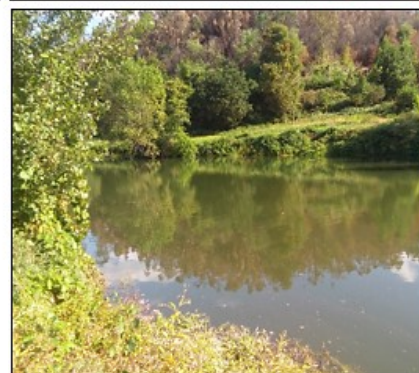
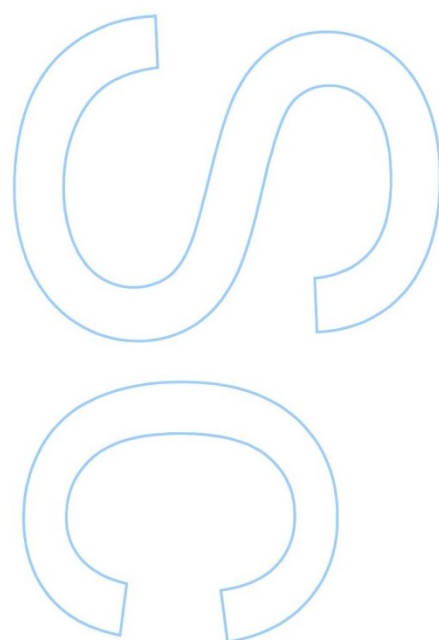
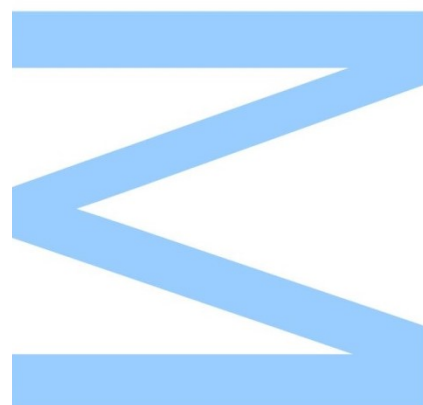




Microplásticos: um programa de educação ambiental envolvendo diferentes grupos da sociedade.



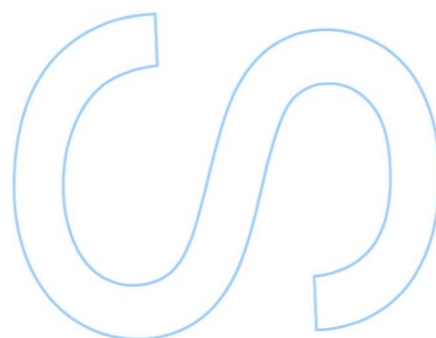
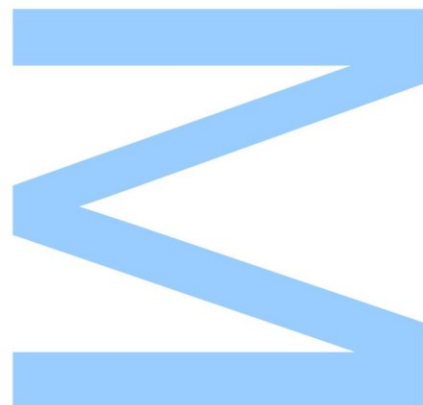
Thaís Franco Cavalheri de Oliveira
Mestrado em Biologia e Gestão da Qualidade da Água
Departamento de Biologia
Ano 2017

Orientadora
Ruth Maria Oliveira Pereira
Professora, Departamento de Biologia
CIIMAR
Faculdade de Ciências da Universidade do Porto

Todas as correções determinadas
pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



Agradecimentos

Manifesto a minha gratidão a todos que tornaram possível este trabalho, nomeadamente:

A Deus, por iluminar meu caminho e me dar forças sempre.

Ao departamento de Biologia da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, por me ter aceitado como estudante do Mestrado de Biologia e Gestão da Qualidade da Água, permitindo-me a realização da presente dissertação em Educação Ambiental.

À minha orientadora Dra. Ruth Maria Oliveira Pereira, pelos conhecimentos transmitidos, por todo apoio, orientação, dedicação, paciência, confiança e motivação, sempre demonstrados ao longo deste ano.

À diretora deste Mestrado, Dra. Maria Natividade Ribeiro Vieira, por me ter aceitado no Mestrado, pelo apoio profissional, disponibilidade, auxílio e acolhimento, desde a primeira conversa ainda no Brasil em 2015, até o presente momento.

Este trabalho foi desenvolvido no âmbito do Projeto Estruturado de I&D&I INNOVMAR - Innovation and Sustainability in the Management and Exploitation of Marine Resources (reference NORTE-01-0145-FEDER-000035) dentro de linha de investigação (NOVELMAR /INSEAFOOD/ECOSERVICES), cofinanciado pelo Programa Operacional Regional do Norte (NORTE 2020), através do Portugal 2020 e do Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER).

Ao LabRisk e equipe, pelos materiais e pela possibilidade de realizar todas as análises, testes e preparações de amostras com qualidade e eficiência.

Aos colegas de laboratório Ana Ribeiro e Carlos Daniel Moreira Pinheiro, pelos ensinamentos, paciência e tempo dispensados a ajudar-me em todas as etapas deste trabalho.

À Quercus, principalmente à Dra. Célia Vilas Boas, responsável pelo Núcleo do Porto onde foi possível a realização das atividades de Educação Ambiental, pelo apoio e por ter colocado ao meu dispor todos os meios necessários para o desenvolvimento da mesma. Meus sinceros agradecimentos também ao Hugo Silva, professor que me acompanhou nas atividades práticas e laboratoriais com os estudantes, pelo auxílio e conhecimento compartilhados.

Ao meu marido e colega de Mestrado Flavio Oliveira, por toda ajuda, companheirismo, paciência, amor, cuidado e dedicação dispensados nestes últimos difíceis anos.

Aos meus colegas de Mestrado Gisana Pereira e Uirá Siqueira, por apoiar-me em tudo, tornando-se imprescindíveis motivadores. Também ao meu colega Renato Ferraz do

Centro Interdisciplinar de Investigação Marinha e Ambiental (CIIMAR), pelos ensinamentos e auxílios durante toda a realização deste Mestrado.

Aos meus amados pais, que desde pequena me estimularam a estudar e buscar o melhor, com muito amor, carinho e dedicação. Mesmo distantes, expressei minha total gratidão por tudo, principalmente por acreditarem no meu potencial para estudar fora do país.

Ao meu querido irmão, pela amizade, amor, carinho e por nunca me deixar desistir dos meus sonhos, motivando-me sempre à distância durante toda a realização deste Mestrado.

Aos meus estimados avós, que mesmo sendo pessoas sem nenhum estudo, me criaram com muito amor e dedicação, sendo meus exemplos e motivos por ter me tornado quem hoje sou. Não tenho palavras para agradecê-los, pois todas as lágrimas de saudade derramadas, tornaram-se o maior motivo para nunca desistir.

Aos meus familiares (família Cavalheri e família Franco) e aos amigos do Brasil, serei eternamente grata pelo carinho dispensado, pelo contato constante através de telefonemas e das redes sociais e, principalmente, por cada palavra de força e motivação.

Finalmente, dedico esse trabalho à memória de minha amada prima e amiga Sarah Cavalheri Felisbino, no qual desde pequenina e, através da sua rápida passagem nessa vida, me ensinou que devemos amor e respeito para com o próximo e, a todo e qualquer tipo de ser vivo.

Resumo

Atualmente, uma das maiores preocupações ambientais é a poluição dos ecossistemas com resíduos plásticos (RPs), que devido ao seu consumo crescente e descarte incorreto, tendem a se acumular no ambiente, provocando graves efeitos na paisagem, na biota e potencialmente na saúde humana. Entre os diversos RPs destacam-se os microplásticos (MPs), definidos como partículas (< 5mm), na sua maioria resultantes da degradação de RPs, que causam diversos impactos ecológicos, variando desde a potencial ameaça de ingestão acidental com consequências para organismos, até a problemática da sua capacidade de adsorção, concentração e transporte de poluentes orgânicos.

Para a elevada quantidade de RPs e MPs, já presentes nos ambientes, dificilmente haverá uma solução, contudo, uma vez já percepcionada a sua perigosidade, a melhor estratégia a seguir para lidar com esta problemática no futuro e reduzir os seus impactos, é promover a conscientização social acerca da redução do uso de plásticos, da sua potencial valorização e deposição correta no final do ciclo de vida. Neste contexto, a educação ambiental (EA) é a melhor ferramenta para disseminar a informação e sensibilizar a sociedade em geral, com o objetivo de promover a reflexão e a compreensão da origem, comportamento e destino dos RPs e MPs no ambiente e efeitos nos organismos e nos ecossistemas, pretendendo-se fomentar alterações de atitudes e comportamentos para a redução da entrada destes resíduos nos ecossistemas.

Assim, para ligar este tema a outros compartimentos ambientais (solos e recursos de água doce), e não apenas o meio marinho, foram coletadas amostras de solo e de água, nas margens do Rio Sousa (distrito do Porto) para pesquisa de MPs, através de dois métodos de separação, análise em laboratório e observação à lupa. Com os resultados obtidos, desenvolveu-se uma atividade de EA para estudantes do 1º e 2º ciclo do Ensino Básico. Esta atividade foi realizada em colaboração com a Quercus – Associação Nacional de Conservação da Natureza (núcleo regional do Porto), e consistiu na realização de um levantamento de RPs nas margens da Ribeira do Arquinho (município da Maia) e de MPs transportados na corrente de água, com o objetivo de promover a reflexão com base nas evidências práticas recolhidas.

Para além da atividade de EA, foi desenvolvido material para uma exposição temática de sensibilização em centros comerciais, para o público em geral, sobre a problemática, através de uma parceria com o Colégio Internato dos Carvalhos, em particular com estudantes do 12º ano de Artes de Indústrias Gráficas, que colaboraram no *design* dos cartazes, folders e banners.

Desta forma, com a realização do presente trabalho, pôde-se contribuir, através da atividade de EA e da exposição temática, para a estender o entendimento do conceito e presença dos RPs e MPs no meio ambiente, tanto pelos estudantes que participaram das atividades de educação ambiental na Quercus, quanto pelos estudantes que realizaram o desenvolvimento gráfico da exposição e ainda pelo público em geral.

Palavras-chave: Consciencialização Ambiental, Educação Ambiental, Microplásticos, Poluição, Resíduos.

Abstract

Presently, one of the biggest environmental concerns is the pollution of ecosystems with plastic waste (RPs), due to the increasing consumption and incorrect disposal of the latter, which tends to accumulate in the environment, causing serious effects on landscape, in biota and potentially human health. Among the various RPs, there are the microplastics (MPs), defined as particles (< 5 mm), in your most resulting from the degradation of RPs, that cause various ecological impacts, ranging from the potential threat of accidental ingestion with consequences for organisms, until the problem of adsorption capacity, concentration and transport of organic pollutants.

For the high amount of RPs and MPs, already present in the environment, there will be a solution, however, once perceived the danger, the best strategy to deal with this problem and decrease its impact is to promote social awareness about the reduction in the use of plastics, of its potential recovery and correct disposal at end of life cycle. In this context, environmental education (EA) is the best tool to disseminate information and raise awareness in society at large. The aim of promoting reflection and understanding of the origin, behavior and fate of RPs and MPs in the environment and the effects on organisms and ecosystems, to promote changes in attitudes and behaviours in order to reduce the entry of these residues in ecosystems.

Thus, to link this theme to other environmental subjects (soils and freshwater resources), other than just the marine environment, soil and water samples were collected on the banks of the Sousa River (Porto district) for MP survey, through two methods of separation, laboratory analysis and magnifying glass. With the results obtained, an EA activity was developed for students in the 1st and 2nd cycle of Basic Education. This activity was carried out in collaboration with Quercus - National Nature Conservation Association (Porto regional nucleus), and consisted of a survey of PRs on the banks of Ribeira do Arquinho (Maia) and MPs transported in the water stream to promote reflection based on the practical evidence collected.

In addition to the EA activity, a material was developed for a thematic exhibition in shopping centers with the purpose of raising awareness of the general public about the problem, through a partnership with the Colégio Internato dos Carvalhos, namely with students of Arts Graphic Industries, that collaborated with the design of posters, folders and banners.

Furthermore, with the accomplishment of the present work, it was possible to contribute, through the EA activity and the thematic exposition, in order to extend the understanding of the concept and presence of RPs and MPs in the environment, whether

by students who participated in the activities environmental education in Quercus, or by the students who have carried out the graphic development of the exhibition as well as the general public.

Keywords: Environmental awareness, Environmental education, Microplastics, Pollution, Resources, Wastes.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Resíduos no ambiente	1
1.2	Plásticos	3
1.3	Microplásticos	6
1.3.1	Conceitos gerais, sua origem e destino final	6
1.3.2	Problemas ocasionados e estudos relacionados	8
1.4	Resíduos Plásticos e Microplásticos: possíveis soluções e como minimizar seus efeitos	14
1.5	Educação Ambiental	18
1.6	Objetivos	23
1.6.1	Objetivos Gerais	23
1.6.2	Objetivos Específicos	23
2	Preparação da atividade experimental.....	25
2.1	Descrição do local de estudo.....	25
2.2	Coleta	26
2.3	Metodologia de amostragem e processamento das amostras.....	28
2.3.1	Água	28
2.3.2	Solo.....	28
2.4	Resultados.....	30
2.4.1	Água	30
2.4.2	Solo.....	31
2.5	Discussão	33
3	Atividade de Educação Ambiental (EA)	35
3.1	Quercus: núcleo regional do Porto	35
3.2	Preparação do texto e divulgação da atividade de EA.....	36
3.3	Preparação e aplicação da ficha de atividades	36
3.4	Atividade de campo e laboratorial.....	37
3.5	Resultados.....	39
3.6	Discussão	47
4	Exposição.....	48
5	Considerações finais.....	51
	Referências	53
	Anexos	61

Lista de Figuras

Figura 1. Diferentes fontes de resíduos gerados pelos países OCDE.....	1
Figura 2. Produção de plásticos no mundo e na U.E.	5
Figura 3. Distribuição global da produção de plásticos	5
Figura 4. MPs primários.	7
Figura 5. MPs secundários.	7
Figura 6. Diferentes tipos de fontes na U.E.....	8
Figura 7. Esquema de exemplificação das áreas que necessitam de maiores investigações para avaliação dos riscos ambientais, ocasionados pelos MPs em ecossistemas de água doce.....	9
Figura 8. Esquematização dos processos primários, secundários e terciários de uma ETAR, onde mesmo após o tratamento completo, os fragmentos plásticos persistem no efluente final tratado	10
Figura 9. RPs encontrados no trato intestinal de tartaruga marinha.....	11
Figura 10. Representação geral das etapas de degradação microbiana de fragmentos plásticos.....	16
Figura 11. Cartaz: ciclo informativo ao estudante	21
Figura 12. Localização do Rio Sousa.....	25
Figura 13. Localização do T1-SA.....	26
Figura 14. Localização do T2-REF.....	26
Figura 15. Coleta de amostra de água.	27
Figura 16. Coleta de amostras de solo.....	27
Figura 17. Análise das amostras de água.	28
Figura 18. À esquerda amostras de solo pós crivagem. À direita, mistura de solução salina e solo após homogeneização.	29
Figura 19. Medição dos MPs encontrados por microscopia.	30
Figura 20. Densidade média de MPs (1-5mm) e respectivos desvios padrão encontrados nas amostras de água recolhidas ao longo de T1-SA e T2-REF.....	31
Figura 21. Partículas de MPs por ordem de tamanho encontradas nas amostras de água coletadas no Rio Sousa.	31
Figura 22. Densidade média de MPs (1-5mm) e respectivos desvios padrão presentes em T1-SA e T2-REF.	32
Figura 23. Partículas de MPs por ordem de tamanho encontradas no solo.	33
Figura 24. Complexo de Educação Ambiental Quinta da Gruta	36
Figura 25. Ribeira do Arquinho.	37
Figura 26. Coleta e filtragem das amostras de água.	38

Figura 27. Observação à lupa do material filtrado.....	38
Figura 28. Aula introdutória sobre RPs e MPs.	39
Figura 29. Resíduos plásticos coletados pelos estudantes na Ribeira do Arquinho.	40
Figura 30. Resposta 1.....	40
Figura 31. Resposta 2.....	41
Figura 32. Resposta 3.....	41
Figura 33. Atividade de coleta, filtragem e análise inicial da presença de MPs.	41
Figura 34. MPs encontrados nas atividades de EA.	42
Figura 35. Ilustração da placa número 4.	43
Figura 36. Ilustração da placa número 1.	44
Figura 37. Conclusão 1.....	45
Figura 38. Conclusão 2.....	45
Figura 39. Conclusão 3.....	45
Figura 40. Conclusão 4.....	46
Figura 41. Conclusão 5.....	46
Figura 42. Conclusão 6.....	46
Figura 43. Conclusão 7.....	46
Figura 44. Conclusão 8.....	47
Figura 45. Lixo plástico na reserva natural do estuário do Rio Douro em Gaia.	49

Lista de Tabelas

Tabela 1. Fontes de microplásticos por setor marítimo	8
Tabela 2. Estudos laboratoriais demonstrando a presença de microplásticos na biota marinha.....	12
Tabela 3. Percentagem de plásticos na composição do lixo marinho, recolhidos em diferentes regiões do mundo.....	15
Tabela 4. Importantes acontecimentos e marcos históricos da EA.	19
Tabela 5. Lições sobre hábitos de consumo e problemas ambientais.....	22
Tabela 6. Resultados do questionário sobre comportamento ecológico.....	22
Tabela 7. Etapas do desenvolvimento da atividade de EA.....	23
Tabela 8. Resultados da amostra da água com as respectivas localizações, quantidade de MPs encontrados por amostra e gamas de tamanhos.	30
Tabela 9. Resultados das amostras do solo com as respectivas localizações, quantidade de MPs encontrados por amostra e gamas de tamanhos	32
Tabela 10. Descrição dos estudantes participantes na atividade de EA realizada no Núcleo da Quercus.	39

Lista de Abreviaturas

DDTs	Dicloro-Difenil-Tricloroetano
EA	Educação ambiental
ETAR	Estações de Tratamento de Águas Residuais
MPs	Microplásticos
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
ONG	Associação não-governamental
PA	Poliamida
PCBs	Bifenilas policloradas
PE	Polietileno
POPs	Poluentes orgânicos persistentes
PS	Poliestireno
PVC	Cloreto de polivinil
RPs	Resíduos plásticos
RS	Resíduos sólidos
U.E.	União Europeia
UNEP	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura

1 Introdução

1.1 Resíduos no ambiente

Com os processos de industrialização e a busca incansável por novos produtos para a satisfação do consumo da população, diversos resíduos são descartados no ambiente, causando contaminação e poluição pela sua disposição inadequada. Os resíduos são produzidos exclusivamente pelo homem, provindos de rejeitos domiciliares, industriais hospitalares, entre outros. Além disso, o constante acúmulo de subprodutos das manufaturas, principalmente chumbo, mercúrio, moléculas/polímeros sintéticas (os) como os plásticos, detergentes e inseticidas, ocasionaram e, ainda ocasionam, inúmeros impactos no ambiente quando não passam por tratamento efetivo, sendo descartados de forma incorreta ou acidental (LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2008; REDDY et al., 2003).

Estima-se que a quantidade total global de resíduos sólidos (RS) em geral, produzidos no mundo anualmente, é cerca de 7 a 10 mil milhões de toneladas, sendo os resíduos sólidos urbanos responsáveis por aproximadamente 2 mil milhões dessa produção por ano, conforme dados do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNEP), em 2015. Para os países constituintes da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a quantidade de RS no ano de 2014, chegou a 3,8 bilhões de toneladas, distribuídas em uma ampla gama de distintas fontes municipais, comerciais e industriais (Figura 1).

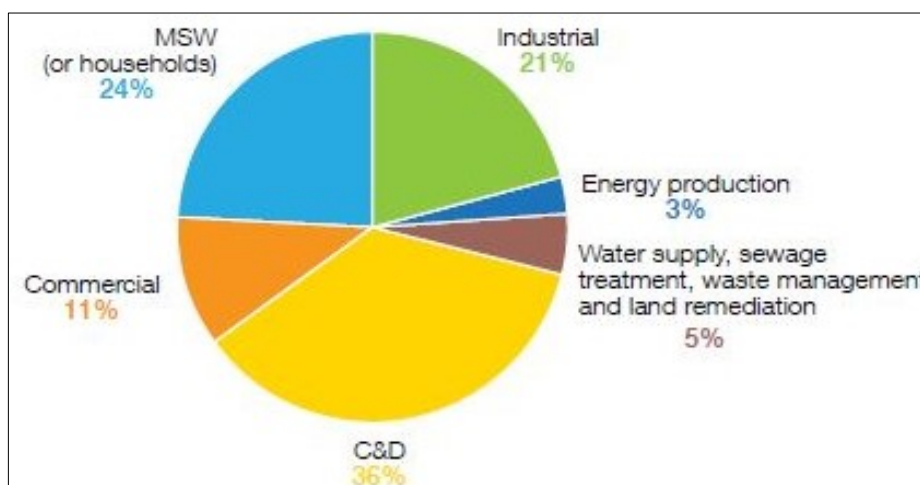


Figura 1. Estimativa de diferentes fontes de resíduos gerados pelos países OCDE em 2014 (MSW: resíduos urbanos e C&D: resíduos da construção civil). Fonte: UNEP, 2015.

Os resíduos orgânicos compreendem a maior porcentagem de ocorrência dos resíduos sólidos urbanos, onde para os países de baixa renda o valor é de 50% a 70% e,

para os países de alta renda, o valor é de 20% a 40% (UNEP, 2015). Normalmente, os resíduos orgânicos, em um ambiente natural, degradam-se e fazem parte dos processos de reciclagem de nutrientes equilibradamente, contudo, sua produção excessiva está ultrapassando a capacidade habitual de depuração dos ecossistemas e ainda, sua disposição inadequada, constitui elevado potencial de contaminação ambiental.

Já os RS não-degradáveis, não são decompostos por bactérias e fungos naturalmente presentes nos ambientes, uma vez que tais microrganismos não possuem enzimas capazes de efetuar a degradação ou oxidação de formulações químicas produzidas pela indústria (LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2008). Tais formulações recebem o nome de compostos xenobióticos, sintetizados quimicamente e compreendendo os pesticidas, combustíveis, bisfenóis policlorados (PCBs), corantes, solventes, entre outros, considerado uma ameaça de toxicidade para o ambiente e para a saúde humana, atuando até mesmo como disruptores endócrinos (SINHA et al., 2009). Sua ampla acumulação no ambiente, decorrente principalmente de atividades antropogênicas, tornam-se estranhas aos indivíduos vivos, favorecendo sua propagação e, tais particularidades fazem com que estes sejam considerados produtos não biodegradáveis (REDDY et al., 2003; SINHA et al., 2009).

A matéria não biodegradável não é eliminada pelos seres vivos e, quando é, ocorre de forma lenta, demorando anos ou mesmo até centenas de anos para ser completamente degradada pelos processos físicos e químicos, fazendo com ocorra uma oxidação e/ou corrosão destes materiais (REDDY et al., 2003). Por tal motivo, ocorre também o acúmulo das partículas em decomposição no ambiente, seja no biociclo marinho (talassociclo), dulçaquícola (limnociclo) ou terrestre (epinociclo). Esses materiais, quando disponíveis no ambiente, tendem a ser bioacumulados por vários microrganismos e macrorganismos, introduzindo-se na cadeia alimentar causando, portanto, uma ameaça direta aos organismos de diferentes níveis tróficos (LINHARES e GEWANDSZNAJDER, 2008).

Os biociclos marinho e dulçaquícola tem um importante papel na manutenção da vida no planeta, sendo a água a principal responsável por manter o equilíbrio da biodiversidade, as relações entre os seres vivos, a formação de rios, lagos e mares, a modelagem de rochas, entre outros (BACCI e PATACA, 2008; GUERREIRO, 2009). Porém, não menos importante, o ecossistema terrestre também é responsável por garantir a biodiversidade da Terra e assim abrigar e auxiliar o desenvolvimento das comunidades terrestres (RILLING, 2012). Com a presença de materiais não biodegradáveis, como por exemplo o plástico, os recursos em geral estão sendo cada vez mais afetados.

A poluição dos ecossistemas terrestres e aquáticos por resíduos sólidos, é presentemente, uma das maiores preocupações ambientais, principalmente aquela ocasionada por resíduos plásticos (RPs) que, devido ao seu consumo crescente, despejo

incorreto e durabilidade, tendem a acumular-se no meio ambiente, provocando alterações nas paisagens e ocasionando danos nos processos biológicos e biogeoquímicos, assim como na biodiversidade.

Frente ao modelo de consumo atual, caracterizado pela produção crescente dos mais diversos RS, são adotadas medidas únicas, através dos sistemas integrados de gestão, oferecendo soluções diferenciadas para os resíduos, de acordo com as suas características (CORREIA, 2012). Tais soluções são enquadradas em programas integrados, tais como: redução e reutilização de resíduos, reciclagem, compostagem, incineração energética, aterros energéticos, aterros de rejeitos, programas de educação ambiental e programas de participação comunitária (RUSSO, 2003). Porém, ainda que tais medidas de prevenção e tratamento sejam adotadas, estima-se que pelo menos 3 mil milhões de pessoas no mundo ainda não tenham acesso a instalações controladas de eliminação de resíduos e ainda, 2 mil milhões de pessoas não possuem acesso a coleta de resíduos sólidos, sendo nos países de baixa renda (UNEP, 2015), a eliminação da maioria dos resíduos efetuada na forma de despejos não controlados ou queimadas.

1.2 Plásticos

O plástico tornou-se um material presente em grande parte dos utensílios utilizados pela sociedade moderna, sendo considerado fundamental no progresso da humanidade e do mercado mundial. No século XIX iniciou-se o desenvolvimento de um tipo de material plástico à base de celulose produzido a partir de madeira ou palha, denominado celuloide. Posteriormente, surgiram novos produtos, como a resina de acetato de celulose e, já no século XX, mais especificamente entre os anos de 1900 e 1940, obtiveram-se grandes avanços científicos e tecnológicos na produção do primeiro termorrígido de baquelite e ainda, com a 1ª Guerra Mundial (1914-1918), ocorreu um estímulo no desenvolvimento de materiais plásticos, como o cloreto de polivinil (PVC), na Alemanha, que poderia substituir uma gama de materiais escassos, como a borracha por exemplo. No início do ano de 1930, foi elucidada a teoria da síntese das substâncias dos materiais poliméricos, gerando grande avanço para a fabricação e surgimento de novos polímeros. Com a chegada da 2ª Guerra Mundial (1939-1945), foi possível manufaturar uma larga diversidade de polímeros, através do investimento na pesquisa científica, para a utilização em equipamentos, explosivos e aeronaves. Em 1960 houve o desenvolvimento de novos aditivos e, com isso, originou-se uma mistura que possibilitou uma melhoria na qualidade dos produtos, sendo adaptados para novas tecnologias de processamentos, moldagem, misturas e revestimentos,

tornando o seu uso cada vez mais acentuado pela sociedade contemporânea (COLE et al., 2011; MULDER, 1998).

Os materiais plásticos são considerados polímeros sintéticos, constituídos por cadeias poliméricas de monômeros orgânicos ou sintéticos, produzidos a partir de fontes não renováveis. A sua principal matéria-prima derivada principalmente de petróleo, é composta de carbono, hidrogênio, silício, oxigênio, cloreto e nitrogênio. Sua produção ocorre através de um processo químico que consiste na união de monômeros, denominado polimerização (ANDRADY e NEAL, 2009; DERRAIK, 2002; RIOS, 2010). A polimerização pode ser efetuada por dois distintos processos: o de adição, onde são geradas macromoléculas pela inserção de novos monômeros a uma estrutura molecular já formada, ocasionando o reagrupamento das ligações químicas, sem a supressão de moléculas ou átomos, e o de condensação, consistindo na ligação de dois monômeros, resultando a libertação de uma molécula menor, como por exemplo de água ou ácido clorídrico (KOTZ et al., 2012).

Os plásticos podem ser classificados consoante as suas características térmicas em termorrígidos, termofixos e termoplásticos onde, tais propriedades dependem do tamanho e estrutura das moléculas formadoras. São também caracterizados pela sua alta maleabilidade, o que os torna fácil de moldar através da aplicação de calor ou pressão, resultando consequentemente em polímeros resistentes, leves e de longa duração (ANDRADY e NEAL, 2009; DERRAIK, 2002). Os plásticos são também caracterizados de acordo com o seu tamanho, em uma escala decrescente e denominados: macrolásticos, mesoplásticos, microplásticos e nanoplásticos (ANDRADY, 2011).

Atualmente são produzidas mais de 200 famílias de tipos de plástico diferentes, sendo as principais: nylon ou poliamida (PA), polietileno (PE), polipropileno, PVC ou cloreto de polivinil, estireno e poliestireno (PS), éter de polifenileno, polihidroxialcanoato, poliuretano, polissulfona, polifenilsulfona, tereftalato de polibutileno, poliolefina, elastômero, polietileno tereftalato, policarbonato, acetato de polivinila, baquelite, acrinonitrila butadieno estireno, tereftalato de policiclohexileno, acetato de celulose, acrilonitrila butadieno estireno, entre tantos outros (ANDRADY e NEAL, 2009).

Um aspeto importante a ser considerado é a quantidade de plásticos produzidos em todo o mundo, sendo que, de acordo com a UNEP (2016), aproximadamente 311 milhões de toneladas de plástico foram produzidas globalmente em 2014. Aproximadamente 4% da produção mundial de petróleo é utilizada para produzir plásticos e uma percentagem semelhante é usada como energia no processo de produção. Normalmente, $\frac{1}{3}$ da produção são embalagens descartáveis. As três regiões do globo que dominam na produção destes materiais são: Ásia, Europa e América do Norte

e, se as tendências atuais de produção e utilização continuarem, a produção deverá aumentar para cerca de dois mil milhões de toneladas até 2050.

Já segundo a organização PlasticsEurope (2016), a produção de plásticos mundial passou de 230 milhões de toneladas em 2005, para 245 milhões de toneladas em 2006, com a diferença de apenas um ano, atingindo o valor de produção de 322 milhões de toneladas por ano, em 2015. Porém, o inverso ocorreu na União Europeia (U.E.), que no mesmo período (2005 – 2015), decresceu o valor da produção de 61 para 58 milhões de toneladas por ano (Figura 2). Atualmente, o maior produtor de plásticos é a China, representando 27,8% da produção mundial, seguida pela U.E. e América do Norte, com 18,5% de produção (Figura 3).

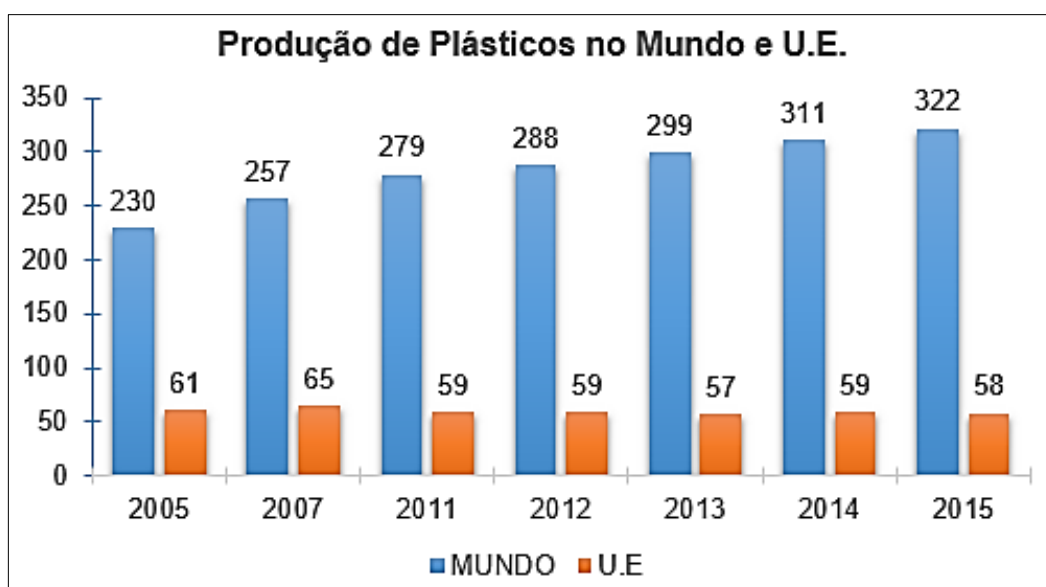


Figura 2. Produção de plásticos no mundo e na U.E. Fonte: PlasticsEurope, 2016.

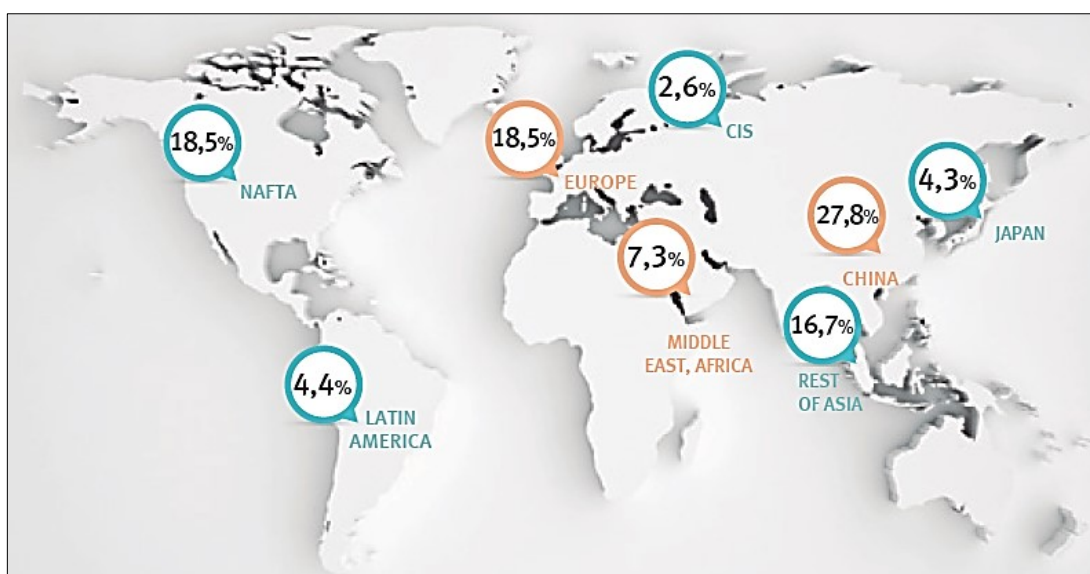


Figura 3. Distribuição global da produção de plásticos. Fonte: PlasticsEurope, 2016.

Nos últimos anos e décadas, os plásticos de grandes dimensões (macroplásticos e mesoplásticos) foram estudados de uma forma ampla, porém, verifica-se mais recentemente uma maior preocupação e pesquisas relacionadas com os microplásticos e nanoplásticos.

1.3 Microplásticos

1.3.1 Conceitos gerais, sua origem e destino final

Entre os diversos RPs, destacam-se os microplásticos (MPs), definidos por partículas que podem ser microscópicas, de tamanho inferior a 5mm e que sofreram degradação fotoquímica e/ou abrasão, resultando em fragmentos de material plástico e fibras, derivados de diversos tipos de plásticos de maiores dimensões (CLAESSENS et al., 2011; MOORE, 2008).

Os processos químicos, físicos e biológicos podem reduzir a integridade estrutural de alguns detritos plásticos, resultando na sua fragmentação (BROWNE et al., 2007). No decorrer de longo períodos, principalmente quando há exposição direta à luz solar, pode ocorrer a foto-degradação, processo no qual a radiação ultravioleta presente promove a oxidação da matriz polimérica, causando clivagem química ou quebra das moléculas presentes no material (ANDRADY, 2011; BERGMANN et al., 2015; COLE et al., 2011).

Apesar da poluição por MPs ser praticamente invisível ao olho humano, os fragmentos de plásticos estão presentes em praticamente todas as matrizes ambientais, sendo os plásticos de maiores dimensões encontrados em grande abundância nos oceanos. O acúmulo destes resíduos pode ocorrer em regiões costeiras e estuarinas, sendo normalmente regiões urbanizadas, remotas ou até mesmo protegidas ambientalmente, causando diversos impactos ecológicos (CLAESSENS et al., 2011).

Os MPs podem ser classificados como primários ou secundários, de acordo com a sua via de entrada no ambiente. Os MPs primários (Figura 4) são aqueles de tamanho microscópico, resultantes de processos de fabricação inicial de resinas, onde o seu tamanho já é definido (mas menor que 5 mm) e até mesmo padronizado. Normalmente possuem formato de pequenos grânulos ou esferas (*pellets*), que podem ser utilizados diretamente na produção de produtos de higienização pessoal, tais como cremes dentais e esfoliantes cosméticos, contendo minúsculos fragmentos plásticos que entram no ambiente principalmente através de descargas de águas residuais (DERRAIK, 2002; GREGORY, 2009). São também chamados de *pallets* de resinas plásticas, correspondentes à matéria-prima utilizada na indústria e possuem diferentes formatos,

sendo estes esféricos, ovais ou cilíndricos e, ainda, possuem de 2 a 5 mm de diâmetro (COSTA et al., 2010; GORYCKA, 2009).



Figura 4. MPs primários.

Já os MPs secundários (Figura 5) são aqueles resultantes da desagregação de RPs de maiores dimensões, gerando fragmentos, filmes ou fibras plásticas que são capazes de atingir menores tamanhos, particularmente pela redução de sua integridade estrutural através de processos químicos, físicos ou biológicos. Estes MPs são gerados essencialmente a partir de produtos utilizados pelo consumidor final e, são alguns exemplos: embalagens de mercadorias e alimentos, sacolas ou sacos, fibras procedentes das lavagens de roupas, linhas de pesca (nylon), entre uma vasta lista de outros resíduos (RYAN et al., 2009; THOMPSON, 2004).



Figura 5. MPs secundários.

Para ambos tipos de MPs, as concentrações e distribuições nos ambientes aquáticos tem aumentado drasticamente, sobretudo pelo descarte incorreto em solos, rios e córregos, confluindo para o ambiente marinho através dos cursos de água ou por escorrências, terminando nos mares e oceanos (GREGORY, 2009). Quando disponíveis no ambiente marinho, os MPs primários e secundários possuem diversificadas fontes resultantes do seu uso em terra ou diretamente no meio marinho (Figura 6). No ambiente

marinho, quando há o descarte direto e indevido de RPs em toda a zona costeira, ou até mesmo no mar, ocorre também a formação dos MPs secundários devido à degradação, conforme descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Fontes de microplásticos por setor marítimo – Adaptado de UNEP, 2016.

Fonte Produtora	Microplástico Primário	Microplástico Secundário	Local
Pesca	-	Fragmentos e fibras provenientes da utilização operacional de artes de pesca, cordas	Costa Marinha
Aquacultura	-	Fragmentos e fibras de uso operacional de redes, cordas e boias (EPS)	
Expedição (Pesquisas)	Perda acidental de pastilhas de resina plástica	-	
Cruzeiros (Turismo)	Produtos de higiene e cuidados pessoais	-	

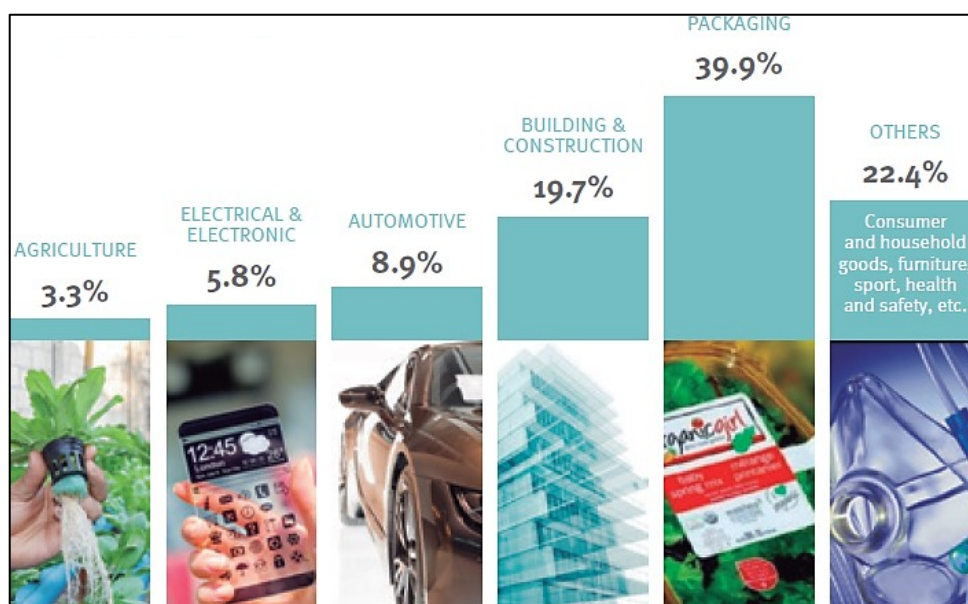


Figura 6. Diferentes tipos de fontes na U.E. Fonte: PlasticsEurope, 2016.

1.3.2 Problemas ocasionados e estudos relacionados

As contaminações ocasionadas pelos MPs são extensas devido à sua persistência, elevada capacidade de dispersão, pequenas dimensões e resistência à degradação natural, variando desde a potencial ameaça de ingestão acidental por organismos, até à problemática possibilidade de concentração e transporte de distintos poluentes orgânicos persistentes (POPs). Diversos estudos e pesquisas científicas comprovam que, uma das mais importantes causas de mortalidade de diferentes espécies de organismos marinhos

(vertebrados e invertebrados) é a ingestão de fragmentos plásticos (ANDRADY, 2011; CARSON, 2013; COLE et al., 2011; ROCHMAN et al., 2014).

Os MPs, que eventualmente acabam por atingir sobretudo o meio marinho em seu percurso final, também não são facilmente degradados no ambiente em questão, sendo que, em condições ambientais normais, a taxa de degradação de polímeros sintéticos é extremamente baixa, e o tempo de degradação varia de décadas a séculos (ROEX et al., 2013). Além disso, sabe-se também que é totalmente desconhecida a quantidade de MPs que estão na zona abissal, já que o local ainda é pouco explorado (BERGMANN et al., 2015; WOODALL et al., 2014).

Segundo Wagner et al. (2014) é fundamental efetuar uma monitorização dos RPs em geral e dos MPs em particular, não enfatizando somente o meio marinho, mas também os sistemas dulçaquícolas. Isto porque os dados sobre a presença de MPs na coluna de água e em sedimentos fluviais são exíguos, o que dificulta uma correta avaliação de riscos dos RPs, já que a mesma requer que se investiguem as fontes, a sua distribuição no ambiente, a sua interação com outros contaminantes, o seu o destino no ambiente, assim como a exposição e os efeitos toxicológicos dos MPs nas principais espécies de água doce (Figura 7).

Relativamente às fontes de MPs, no estudo de Wagner et al. (2014) também é mencionado que, as lamas produzidas pelas estações de tratamento de águas residuais (ETAR) despejadas em aterros ou utilizadas como fertilizantes na agricultura, podem transferir MPs para lagos, rios e bacias hidrográficas através do escoamento superficial a partir dos solos.

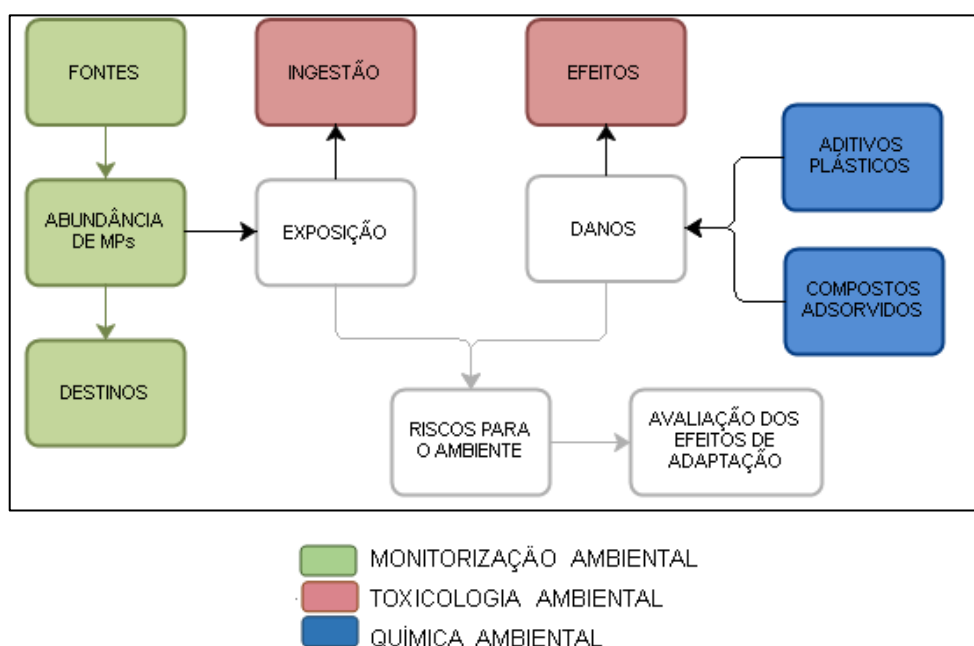


Figura 7. Esquema de exemplificação das áreas que necessitam de maiores investigações para avaliação dos riscos ambientais, ocasionados pelos MPs em ecossistemas de água doce - Adaptado de Wagner et al., 2014.

Estudos realizados por Fendall e Sewell (2009) e ainda por Mason et al. (2016) verificaram que partículas de MPs, principalmente as provenientes de cosméticos esfoliantes, e microfibras resultantes das lavagens de roupas sintéticas, entram pelos sistemas de esgoto, através das redes de escoamentos, e não são filtradas durante os processos de tratamento das águas residuais nas estações de tratamento (ETAR), uma vez que as técnicas convencionais, e as respectivas infraestruturas não foram projetadas para a remoção deste tipo de resíduo (Figura 8). Conforme enuncia Talvitie e Heinonem (2014) é correto então afirmar que as partículas de MPs uma vez despejadas nas águas residuais, facilmente têm entrada livre em ecossistemas dulçaquícolas e, conseqüentemente marinhos, considerando assim que uma ETAR pode ser uma relevante fonte de dispersão de MPs para o meio ambiente.

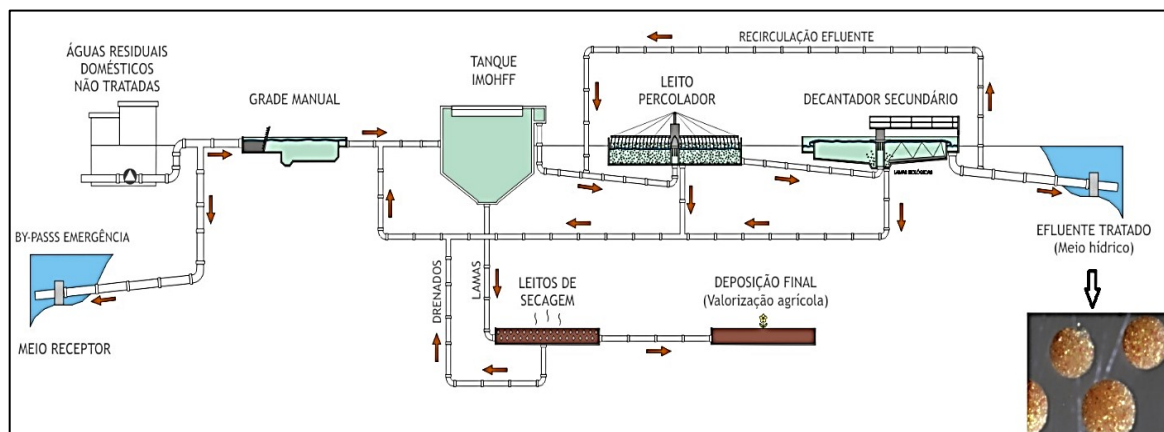


Figura 8. Esquematização dos processos primários, secundários e terciários de uma ETAR, onde mesmo após o tratamento completo, os fragmentos plásticos persistem no efluente final tratado - Adaptado de Fendall e Sewell (2009); Mason et al. (2016).

Hammer e VanBrocklin (2016) realizaram um estudo no lago Champlain, entre Nova York e Vermont (Estados Unidos) onde quantificaram e caracterizaram os MPs encontrados no trato digestivo de diversos organismos aquáticos: *Phalacrocorax auritus*, *Osmerus mordax*, *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus*, *Gammarus fasciatus*, *Hemimysis anomala*, *Dreissena polymorpha*, *Alosa pseudoharengus* e vários insetos aquáticos dulçaquícolas. Os resultados sugeriram que a maioria dos MPs presentes em todos os organismos investigados foram fibras (67%), fragmentos (19%), filmes (10%) e grânulos (4%), nas proporções descritas. Não foram observados MPs em mexilhões-zebra. Os anfípodas continham fibras (50%), fragmentos (25%) e filmes (25%). Hammer e VanBrocklin (2016) citam ainda que os MPs que são ingeridos pelos organismos dependerão das características e do comportamento dos mesmos, bem como do tipo de MPs a que estão expostos, podendo estes serem transferidos para outros níveis tróficos.

Na transição entre o ecossistema dulçaquícola e marinho, pesquisas também apontam a presença de MPs em estuários, indicando um possível fluxo destas partículas

para outros ecossistemas. Na China, Zhao et al. (2014) caracterizaram diferentes tipos de fragmentos no estuário local, situado entre o rio Yangtze e o mar oriental, onde, por ordem de abundância, foram encontradas fibras, grânulos, películas plásticas e algumas esférulas, todos com cores, formas e tamanhos variados (entre 0,5 e 5mm). No Reino Unido, Gallagher et al. (2015) também analisaram a quantidade e as características gerais dos MPs presentes no complexo estuarino de Solent, em Hampshire. Estes autores encontraram sobretudo fibras arredondadas, provindas provavelmente de lavagens de roupas, esferas de plástico primário derivadas supostamente de esfoliantes cosméticos (em particular o polietileno e polipropileno) e uma pequena quantidade de MPs irregulares, indicativos da degradação de plásticos de maiores dimensões no ambiente.

Nos ambientes marinhos e costeiros, a comunidade científica tem estudado e documentado amplamente pesquisas que evidenciam a presença de RPs e MPs na biota (Figura 9) de tais ambientes, sobretudo nos últimos quarenta anos GALL e THOMPSON, 2015; MOORE, 2008). É provável que a maioria dos vertebrados marinhos (e alguns invertebrados também) estejam diretamente vulneráveis aos problemas ocasionados pelos plásticos nos oceanos, seja pela ingestão acidental e proposital ou pelo emaranhamento, porém, a literatura mundial aborda maiormente os efeitos em tartarugas, aves e mamíferos, citando que, atualmente, cerca de 90% de todas as espécies de aves marinhas, possuem MPs em sua estrutura física (JAMBECK et al., 2015; MOORE, 2008).

Estudos realizados por Bolton e Havenhand (1998), Hart (1991), Wilson (1973) e diversos outros pesquisadores abaixo mencionados, indicaram a presença de MPs e a capacidade de ingestão em organismos, incluindo zooplâncton, invertebrados, larvas e adultos de equinodermes, copépodes, crustáceos, moluscos, anelídeos (Tabela 2), através de uma série de experimentos laboratoriais.



Figura 9. RPs encontrados no trato intestinal de tartaruga marinha (Projeto TAMAR Brasil).

Tabela 2. Estudos laboratoriais demonstrando a presença de microplásticos na biota marinha – Adaptado de Cole, 2011.

Espécie	Microplástico (µm)	Fonte
<i>Acartia tonsa</i> (Copépodes)	7- 70	Wilson, 1973
<i>Arenicola marina</i> (Anelídeo) e <i>Mytilus edulis</i> (Molusco)	15 - 1175	Van Cauwenberghe et al., 2015
<i>Crassostrea gigas</i> e <i>Mytilus edulis</i> (Bivalves)	Vários	Van Cauwenberghe e Janssen, 2014
<i>Daphnia magna</i> (Crustáceo)	0,1 - 2	Rist et al., 2017
<i>Echinodermata larvae</i>	10 – 20	Hart, 1991
<i>Eriocheir sinensis</i> (Crustáceo)	50 - 5000	Wójcik-Fudalewska et al., 2016
<i>Galeolaria caespitosa</i> (Anelídeo)	3 – 10	Bolton e Havenhand, 1998
<i>Galeus melastomus</i> (Peixe cartilaginoso)	Vários	Alomar e Deudero, 2017
Invertebrados: anfípodes, crustáceos, moluscos e poliquetos	10	Setälä et al., 2016
<i>Placopecten magellanicus</i> (Molusco)	16 – 18	Brillant e MacDonald, 2002
<i>Orchestia gammarellus</i> (Anfídeo) <i>Arenicola marina</i> (Anelídeo) <i>Semibalanus balanoides</i> (Crustáceo)	20 – 2000	Thompson et al., 2004
<i>Mullus surmuletus</i> (Salmão vermelho)	Vários	Alomar et al., 2017
<i>Mytilus edulis</i> (Mexilhão)	2 – 16	Browne et al., 2008
<i>Holothuroidea</i> (Pepinos do mar)	Vários	Grahan e Thompson, 2009

Ainda no âmbito do ambiente marinho, Gall e Thompson (2015) revisaram 340 publicações originais documentando o encontro entre diversos organismos marinhos com detritos plásticos, para 693 espécies identificadas. Os autores verificaram que 243 espécies das 340 publicações analisadas, foram afetadas pelos detritos plásticos pelo emaranhamento de contato, totalizando 30.896 indivíduos. Já para os efeitos de ingestão acidental, foram identificadas 208 espécies, totalizando 13.110 indivíduos. Gall e Thompson (2015) ainda relatam que, todas as espécies de tartarugas marinhas, 54% de todos os mamíferos marinhos e 56% de todas as espécies de aves marinhas foram atingidas pelos efeitos de ingestão ou emaranhamento ocasionados pelos plásticos. Finalmente, os autores conseguiram identificar as regiões mais prejudicadas, sendo nomeadamente a Europa, Austrália e América do Norte (costa leste e oeste).

Já Rilling (2012) afirma que, estudos e pesquisas efetuados no solo são escassos, porém essenciais para uma melhor compreensão da dispersão dos resíduos plásticos de maiores dimensões e dos MPs, uma vez que as ocorrências destes fragmentos são frequentes principalmente em campos agrícolas, aterros e outros depósitos de superfície. Também é relatado que, alguns organismos presentes no solo, sobretudo as minhocas, podem contribuir para uma contínua formação de MPs secundários, pois os fragmentos plásticos ingeridos passam pela moela destes anelídeos, retornando assim para o solo. Neste contexto, Rodríguez-Seijo et al. (2017), realizaram um ensaio onde minhocas da espécie *Eisenia andrei* foram expostas a diferentes concentrações de MPs em um solo artificial, para testar os efeitos de MP na sua reprodução, sobrevivência, crescimento e, como resultado, não foram observados efeitos nestes parâmetros. Entretanto, pela análise de espectroscopia de infravermelho com transformada de Fourier (FTIR-ATR) e de histopatologia, foram evidenciados danos no trato digestivo e respostas do sistema imunológico. Outros organismos pertencentes à fauna do solo, como os colêmbolos, os ácaros e alguns mamíferos subterrâneos cavadores (como as toupeiras), também podem favorecer uma maior disponibilização de MPs pelo ato de raspagem, através da abrasão e incorporação desses resíduos no solo (RILLING, 2012).

Os MPs ainda podem apresentar substâncias adversas como corantes, estabilizantes e metais, além de, como já mencionado anteriormente, uma capacidade elevada de concentração e transporte de POPs, como Dicloro-Difenil-Tricloroetano (DDTs) e Bifenilos policlorados (PCBs), sendo suscetíveis também à contaminação por diferentes tipos de poluentes presentes nas massas de água, incluindo metais que podem causar distúrbios nos sistemas endócrinos de alguns organismos, como problemas hormonais, alterações na taxa de crescimento e reprodução, entre outros efeitos nocivos (COLE et al., 2011; MOORE, 2008; OEHLMANN et al., 2009).

Finalmente, alguns estudos afirmam que, além de todos os problemas ocasionados, os MPs ainda podem contribuir para a introdução e transporte de microrganismos patogênicos ou espécies invasoras, sobretudo no ambiente marinho, como cnidários hidroides, algas, moluscos bivalves, entre outros (GREGORY, 2009). Isso devido à hidrofobicidade da sua superfície (principalmente polímeros plásticos hidrofóbicos como o PE e o PS), que promove a formação de biofilmes, consequentemente, se transformando em um substrato artificial e favorecendo o crescimento da biota microbiana (SIVAN, 2011; ZETTLER et al., 2013).

1.4 Resíduos Plásticos e Microplásticos: possíveis soluções e como minimizar seus efeitos

A utilização de plásticos no cotidiano oferece diversos benefícios aos seres humanos, como segurança alimentar, assepsia de materiais médicos, utensílios domésticos de uso em geral, entre muitos outros. Como sua aplicação está se tornando cada vez mais ampla em todo o mundo, é possível verificar um descomunal acúmulo de RPs. Além disso, sabe-se que muitos plásticos levam mais de 100 anos para degradação total no ambiente, dado que algumas das suas características determinantes como a sua alta massa molar e hidrofobicidade dificultam a ação dos microrganismos e de suas enzimas na superfície do polímero (REDDY et al., 2003).

O plástico é um material altamente resistente que pode levar muitos anos para ser degradado no ambiente. Os RPs constituem uma grande porção, especialmente em volume, dos resíduos sólidos coletados no mundo e, sem tratamento adequado, quando abandonados incorretamente, são acumulados e causam a poluição dos solos, rios e oceanos, afetando consequentemente alguns constituintes destes ecossistemas.

Outro aspecto demasiadamente importante, que contribui para o avanço da contaminação, é a dispersão dos RPs, a qual se dá a partir de fontes terrestres, através do seu uso indiscriminado, pelas atividades antropogênicas como o comércio, pesca, turismo, indústrias e atividades recreativas, atingindo os ambientes aquáticos pelas correntes, ventos e ondas (COLE et al., 2011). Outro fator relevante que confere resistência à degradação no ambiente é a durabilidade, uma característica comum da maioria dos plásticos e, essa propriedade, juntamente com a incapacidade do gerenciamento eficaz do plástico no final de sua utilização, resultam na concentração de RPs e MPs no ambiente, tornando-se um problema global (ANDRADY, 2011; UNEP, 2016). Ainda, a inércia e alta resistência dos RPs disponíveis no ambiente, justificadas pela massa molar elevada, alto grau de compactação das moléculas e sua hidrofobicidade, são os principais fatores que interferem na resistência ao ataque microbiano (HADDAD et al., 2005).

Segundo Jambeck et al. (2015), a população da região costeira de 190 países teria sido responsável pelo descarte de 9 milhões de toneladas de RPs nos oceanos somente no ano de 2015, estimando a existência de aproximadamente 580 mil fragmentos plásticos por km². Anteriormente, Derraik (2002) havia verificado a predominância de RPs, na década de 90 e início de 2000, ao avaliar a porcentagem do resíduo em relação à quantidade total de lixo recolhido e documentado em artigos científicos publicados, em diferentes locais do planeta nos mais diversificados ambientes marinhos (Tabela 3).

Tabela 3. Percentagem de plásticos na composição do lixo marinho, recolhidos em diferentes regiões do mundo – Adaptado de Derraik, 2002 e Gorycka, 2009.

Local	Plásticos contidos no lixo (em %)	Fonte
Santa Lúcia, Caribe	51	Corbin e Singh, 1993
Baía de Biscaia, Atlântico	92	Galgani et al., 1995
Costa Mediterrânea, França	>70	Galgani et al., 1996
Costas da Europa	>70	Galgani et al., 2000
Caribe do Panamá	82	Garrity e Levings, 1993
Georgia, Estados Unidos	57	Gilligan et al., 1992
50 praias da África do Sul	>90	Gregory e Ryan, 1997
88 sítios na Tasmânia	65	Gregory e Ryan, 1997
Argentina	37-72	Gregory e Ryan, 1997
Austrália	62	Gregory e Ryan, 1997
Alasca, Estados Unidos	47-56	Hess et al., 1999
Baía de Tóquio	80-85	Kanehiro et al., 1995
Oceano Pacífico (Norte)	86	Laist, 1987
México	60	Lara-Dominguez et al., 1995
Halifax Harbour, Canadá	54	Ross et al., 1991
Nova Zelândia	75	Smith e Tooker, 1990
Grécia	79-83	Stefatos et al., 1999
Alemanha	75	Vauk e Schrey, 1987
Austrália	32	Whiting, 1998
Reino Unido	63	Williams e Tudor, 2001

Para dar resposta a este problema, algumas estratégias são presentemente aplicadas no tratamento de RPs em geral, como por exemplo a disposição em aterros, a incineração e a reciclagem ou a sua biodegradação, porém, a capacidade dos aterros é limitada e a incineração ainda é considerada um processo de custo elevado e poluente. O processo de reutilização do plástico pela reciclagem, tem como objetivo evitar as emissões de gases com efeitos de estufa que, de certa forma resultam da incineração. Contudo, e ainda que preferível, a reciclagem envolve demasiada mão de obra para limpeza, separação e identificação dos materiais (GRADUS et al., 2017; MARINICHEV e MARSHALKA, 2012; REDDY et al., 2003).

A biodegradação seria a melhor alternativa para auxiliar na minimização do acúmulo de RPs e MPs no ambiente, uma vez que é considerada um processo natural de decomposição de matérias, principalmente de origem orgânica, pela ação de determinados organismos. Atualmente, tais processos são aplicados a diferentes tipos de resíduos resultantes da atividade humana, como por exemplo a utilização de bactérias em ETAR, compostagem doméstica, e aterros semi-aeróbico, sendo este último um novo conceito de

disposição de resíduos sólidos onde a decomposição dos resíduos é acelerada, gerando baixa emissão de metano (MUENMEE et al., 2016).

Segundo Paço et. al. (2017), especificamente para os materiais plásticos, cada vez mais pesquisas estão sendo desenvolvidas, envolvendo a utilização de microrganismos (sobretudo bactérias e fungos) com elevada capacidade enzimática para degradação de hidrocarbonetos e outros compostos orgânicos (Figura 10). Tal processo, consiste na tentativa de oxidação do polímero sintético, resultando na formação residual de carbonilo, podendo este ser posteriormente degradado por consórcios de microrganismos (SIVAN, 2011).

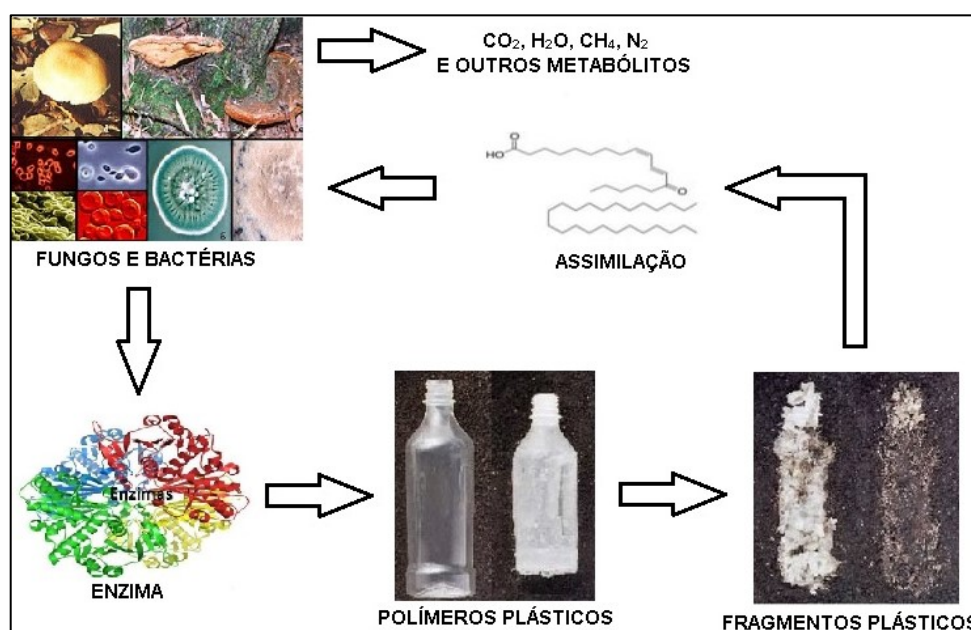


Figura 10. Representação geral das etapas de degradação microbiana de fragmentos plásticos – Adaptado de Kale et al. 2015.

Krueger et al. (2015) afirmam que a taxa de degradação dos plásticos comumente utilizados é relativamente baixa, já que os microrganismos são expostos apenas a uma mínima área superficial da estrutura polimérica em questão, até mesmo naqueles considerados altamente biodegradáveis como o PE e, de grau de biodegradação moderado, como a PA por exemplo. Ainda que maiores informações sobre a biodegradação de polímeros sintéticos sejam escassas, segundo experimentos dos mesmos autores, fungos basidiomicetes foram capazes de efetuar despolimerização de poliestireno de forma parcial.

Uma outra alternativa ainda mais viável, mesmo que benéfica somente a longo prazo, seria a fabricação de bioplásticos, não somente devido aos impactos negativos que os plásticos comuns e os MPs ocasionam nos ambientes, mas também pela escassez das fontes de combustíveis fósseis. Os bioplásticos podem ser produzidos através de fontes de recursos renováveis, como por exemplo culturas e resíduos agrícolas (milho, madeira,

celulose, entre outros), modificando a composição dos polímeros em biopolímeros e aumentando sua biodegradabilidade nos mais diversos ecossistemas, já que alguns microrganismos possuem capacidade de degradar amido, lignina, celulose e hemiceluloses (KALE et al., 2015; SIVAN, 2011; YARADODDI et al., 2016). Alguns microrganismos como bactérias e fungos catalisam a biodegradação de biopolímeros através de enzimas, utilizando-os como produto final, sendo possível obter um elevado grau de degradação sobretudo no solo (EMADIAN et al., 2016).

Os plásticos biodegradáveis são quimicamente sintetizados e se tornam suscetíveis à degradação enzimática de certos microrganismos, como por exemplo o ácido polilático, o ácido poliglicólico e o álcool polivinílico. Há também os bioplásticos que são produzidos através da mistura de amido e plástico (amido-polietileno), reduzindo o tempo de degradação no ambiente (parcialmente biodegradável), mas com funcionalidade inferior ao dos plásticos convencionais, apresentando também solubilidade aquosa, tornando-se restritamente aplicável (KHANNA e SRIVASTAVA, 2005).

Atualmente, a indústria vem desenvolvendo avanços tecnológicos com as práticas de incorporação e utilização da celulose (polissacarídeos) na produção de bioplásticos. A celulose é constituída de monômeros de glicose, tornando-se uma substância fibrosa cristalina e solúvel em água. Na indústria, é utilizada como acetato de celulose ou, como também conhecido, por ésteres de celulose, termoplástico resultante da esterificação da hidroxila com ácido acético ou anidrido (BAYER et al., 2014).

Na Índia, Yaradoddi et al. (2016) conseguiram comprovar que a utilização de casca de banana confere flexibilidade na síntese de bioplásticos e, ainda mais relevante, que a taxa de degradação é rápida e eficaz, positivando a utilização de resíduos de frutas na confecção destes materiais. Contudo, serão necessários estudos mais aprofundados até se chegar a obter produtos finais.

Os bioplásticos possuem uma comercialização mundial ainda relativamente baixa, o que torna seu custo de produção superior ao dos plásticos petroquímicos convencionais, impossibilitando assim sua aplicação na maioria dos processos industriais

No entanto, presentemente, verifica-se um número crescente de produtos biodegradáveis no mercado, sendo estes introduzidos pelas indústrias com o intuito de evitar o consumo dos plásticos convencionais. Para comprovar a rotulação “100% biodegradável” do produto *sponge cloths* (pano de limpeza de algodão orgânico) de duas marcas (A e B) comercializadas em toda a Europa, Vaverková e Adamcová (2015) realizaram um teste de compostagem em um ambiente laboratorial controlado por 22 semanas. Os produtos foram fragmentados, misturados com um material sintético biodegradável sólido e sujeitos à degradação aeróbica onde, para aproximar o teste das condições ambientais reais, foram preparados dois biorreatores de compostagem. Com os

resultados, os autores puderam concluir que a taxa de degradação da marca B mostrou um nível alto de biodegradação (entre 84,8% e 87,8%), enquanto a marca A mostrou uma taxa de decomposição demasiadamente lenta (entre 12,8% e 21,7%). A principal conclusão que os autores obtiveram com o estudo é que a biodegradação de bioplásticos depende diretamente do ambiente no qual são inseridos e da sua natureza química, sendo que as temperaturas testadas não foram propriamente representativas das condições reais.

Assim sendo e, dados os perigos para o ambiente ocasionados pelos diversos RPs e MPs, é preciso adotar um consumo mais responsável, reutilizar e descartar corretamente este tipo de resíduo, além de utilizar o material rejeitado como fonte de energia ou transformá-lo em algum material reaproveitável. Por conseguinte, não existindo até à data uma solução para a elevada quantidade de RPs e MPs já presentes em diversos compartimentos ambientais, e uma vez já percebida a sua perigosidade para os seres vivos, a única alternativa imediata a ser tomada em consideração é a conscientização social acerca da redução do uso de plásticos da sua potencial valorização e deposição correta no final do ciclo de vida, sendo, neste contexto, a educação ambiental (EA), a melhor ferramenta para disseminar a informação e sensibilizar a sociedade em geral.

1.5 Educação Ambiental

Atualmente, está ocorrendo uma significativa mudança no comportamento da população em geral a respeito das mais diversificadas questões ambientais, ampliando o interesse pela preservação do ambiente, consequentemente gerando indivíduos com conhecimentos mais amplos sobre os impactos ambientais ocasionados pelo presente modelo de desenvolvimento econômico mundial (MARCATTO, 2002).

Ao longo dos anos, mais precisamente desde a década de 70, os conceitos, princípios, objetivos, diretivas e metodologias da EA vem sendo discutidos e, o seu significado tem sido “lapidado” em conjunto com os conceitos de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, através de várias conferências internacionais, nacionais e regionais sobre o ambiente, promovidas e/ou apoiadas pela Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura - UNESCO.

Não é pretensão deste estudo elucidar o histórico da EA, porém é de suma importância expressar como sua evolução se tem inserido na educação e na disseminação do conhecimento ambiental, através dos principais marcos e acontecimentos importantes, cujos antecedentes estão abaixo descritos (Tabela 4).

Tabela 4. Importantes acontecimentos e marcos históricos da EA - Adaptado de Marcatto, 2002.

Ano	Local	Antecedentes
1952	Londres, Inglaterra	Poluição atmosférica de origem industrial.
1952-1960	Nova Iorque, EUA	Poluição atmosférica de origem industrial
1953	Minamata, Japão	Poluição industrial por mercúrio.
1962	Boston, EUA	Livro “Silent Spring” por Rachel Carson.
1968	Paris, França	Conferência da Biosfera.
1972	Estocolmo, Suécia	Conferência da ONU sobre o ambiente.
1975	Belgrado, Iugoslávia	Origem da Carta de Belgrado sobre EA.
1977	Tbilisi, ex-União Soviética	Conferência Intergovernamental de EA.
1986	Chernobyl, Ucrânia	Maior acidente nuclear da história.
1992	Rio de Janeiro, Brasil	Rio92: Carta da Terra e Agenda 21
1997	Tessalônica, Grécia	Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Sociedade
2002	Johannesburgo, África	Rio+10: Encontro da Terra.
2005	Quioto, Japão	Protocolo de Quito.

Mediante as conferências e discussões sobre o assunto, são várias as definições que permitem introduzir o conceito de EA, sendo essa caracterizada como:

“Processo de valores e esclarecimento de conceitos que permitem o desenvolvimento de habilidades e atitudes necessárias para entender e apreciar as relações entre o ser humano e seu entorno biofísico”. (União Internacional para a Conservação da Natureza (IUNC), 1970 – citado por DIAS, 1992).

“Processo de desenvolvimento progressivo de um senso de preocupação com o meio ambiente, baseado em um completo e sensível entendimento dos vínculos do homem com o ambiente”. (MELLOWS, 1972 – citado por DIAS, 1992).

“Processo que visa formar uma população mundial consciente, preocupada com o ambiente e com os problemas que lhe dizem respeito, uma população que tenha os conhecimentos, as competências, o estado de espírito, as motivações, o sentido de participação e engajamento que lhe permita trabalhar individualmente e coletivamente para resolver os problemas atuais e impedir que se repitam.” (Congresso de Belgrado, 1975 – citado por DIAS, 1992).

“Processo contínuo no qual os indivíduos e a comunidade tomam consciência do seu meio ambiente e adquirem o conhecimento, os valores, as habilidades, as experiências e a

determinação que os tornam aptos a agir individual e coletivamente, para assim resolver os problemas ambientais presentes no futuro”. (Declaração/Conferência de Tbilisi, 1977).

“Processo que busca desenvolver uma população consciente, preocupada com o meio ambiente e com os problemas a ele associados. Uma população que tenha conhecimentos, habilidades, atitudes, motivações e compromissos para trabalhar individual e coletivamente, na busca de soluções para os problemas existentes e para a prevenção dos novos”. (Agenda 21 – Capítulo 36, 1992).

“Processo que consiste em propiciar as pessoas uma compreensão crítica e global do ambiente, para elucidar valores e desenvolver atitudes que lhe permitam adotar uma posição consciente e participativa, a respeito das questões relacionadas com a conservação e adequada utilização dos recursos naturais, para melhoria da qualidade de vida, eliminação da pobreza extrema e consumismo desenfreado”. (MININI, 1972 – citado por DIAS, 1992).

Resumidamente, houve uma expansão no conceito de EA no decorrer dos anos, o que permitiu uma mudança significativa nos valores e percepções acerca do meio natural e, ainda uma melhor estruturação e propagação das práticas ambientais educativas para a sociedade em geral, não somente no âmbito escolar.

A concepção de EA foi então associada a dois conceitos chave, o desenvolvimento sustentável e a sustentabilidade, que só se tornaram populares a nível global há aproximadamente duas décadas, crescendo gradativamente até aos dias de hoje. Hueting e Reijnders (1998) afirmam que a sustentabilidade é um conceito objetivo, que indica o estado de constância entre o capital ambiental e os recursos naturais, ou seja, é o aproveitamento do entorno físico em que o ser humano se insere, de tal forma que suas funções vitais sejam indefinidamente preservadas, em função de uma melhor conformação dos hábitos e práticas de consumo.

Já o desenvolvimento sustentável, universalmente conhecido a partir do relatório de Brundtland em 1987 (*World Commission on Environment and Development*), é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades atuais, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das gerações futuras (MARCATTO, 2002). Em 1992, a Agenda 21 também definiu o termo como um desenvolvimento que visa uma economia mundial mais justa, englobando três importantes vertentes: a econômica, a social e a cultural, aliadas à conservação do meio ambiente e a objetivação da melhoria da qualidade de vida. Atualmente, o desenvolvimento sustentável (no que se refere à utilização abusiva dos recursos naturais pela presente sociedade) permitiu uma reflexão nas práticas econômicas, formulando um novo modelo de negócio baseado no “fechamento” do ciclo de vida dos produtos, permitindo a redução no consumo de algumas matérias-primas, como por exemplo a energia e a água (LEITÃO, 2015).

Assim sendo, a EA se tornou atualmente a melhor ferramenta para capacitar e sensibilizar a sociedade sobre os mais relevantes problemas ambientais, trazendo o desenvolvimento de técnicas e metodologias, de modo a descomplexificar as noções e modo de ação, referente às atividades que geram impactos negativos no ambiente (MARCATTO, 2002). Diversos estudos já aplicados no âmbito dos RS e RPs, comprovam na prática a construção de valores e cidadania sobre tais questões, sejam elas empregues em instituições de ensino ou outras entidades interessadas.

Como exemplo, Crawford et al. (2015) nos EUA, desenvolveram lições sobre hábitos de consumo e problemas ocasionados pelo uso do saco plástico e as aplicaram em seis classes de estudantes do ensino básico, através de inquéritos sobre os seres vivos e o ambiente. A prática foi aplicada através da leitura de livros infantis educativos e interpretativos sobre a natureza, vídeos recreativos e páginas informativas da internet e, para tal, foram elaboradas seis lições, ilustradas (Figura 11) e descritas abaixo (Tabela 5). Com os resultados do inquérito, os autores indicaram que, embora a percepção dos estudantes tenha permanecido inalterada sobre o uso de sacos plásticos, houve uma expressão de profunda preocupação com os animais e o meio ambiente, envolvendo um pensamento crítico e profundo sobre seus atos como consumidores e reflexões sobre a forma como eles mesmos podem ser os agentes de mudanças de comportamentos.

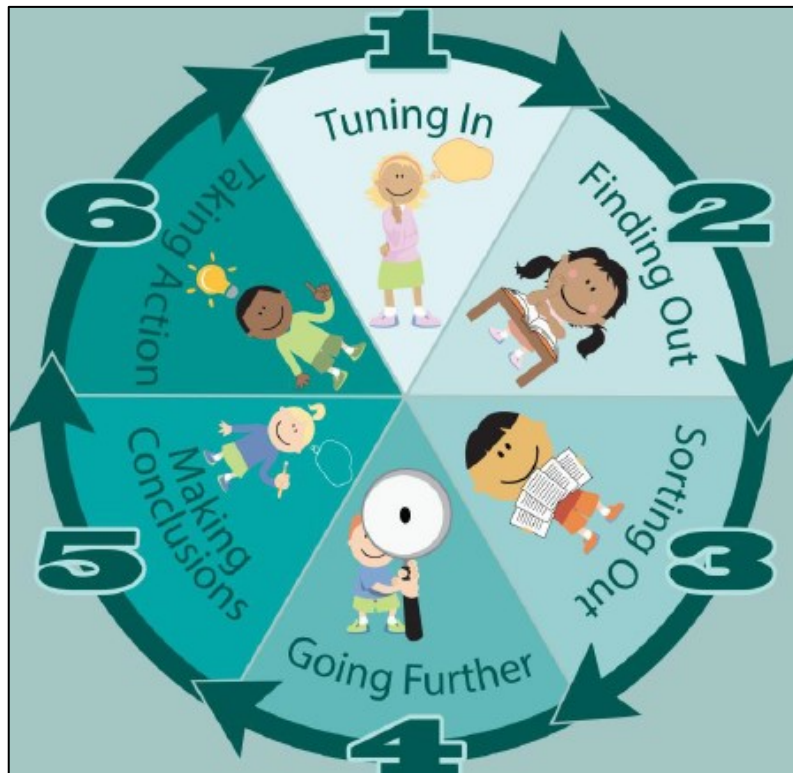


Figura 11. Cartaz: ciclo informativo ao estudante com a descrição de cada lição aplicada. Fonte: Crawford et al. (2015).

Tabela 5. Lições sobre hábitos de consumo e problemas ambientais – Adaptado de Crawford et al. (2015).

Lição	Descrição
1	Pré-avaliação: causas e efeitos de questões ambientais.
2	Apresentação das principais inovações humanas.
3	Classificação das várias perspectivas atuais.
4	As políticas locais sobre o meio ambiente.
5	Formação de conclusões / Como fazer escolhas.
6	“Solucionadores”: a ação.

No ensino superior, pesquisas também foram realizadas para avaliar se a EA estava presente na formação profissional universitária e se havia um retorno dessa educação, elucidando a importância e necessidade de implementar propostas pedagógicas voltadas para a temática ambiental. No Brasil, Bescorovaine et al. (2016) aplicaram em 58 estudantes (entre 20 e 36 anos) de uma universidade pública de arquitetura e urbanismo a Escala de Comportamento Ecológico (KARP, 1996) através de um questionário sobre produção e descarte de RS. Com os resultados, apresentados no gráfico do artigo em questão (Tabela 6), os autores concluíram que os universitários, ainda que sensibilizados pelo problema em questão, necessitavam de mais informações sobre reciclagem e manutenção dos recursos naturais.

Tabela 6. Resultados do questionário sobre comportamento ecológico – Adaptado de Bescorovaine et al. (2016).

Porcentagem	Resultados
68,8%	Separam o lixo reciclável.
59,9%	Não se preocupam com a quantidade de lixo produzido.
41,3%	Lavam as embalagens antes de descartar.
37,8%	Não reutilizam as embalagens.
10,3%	Participam ou já participaram de programas que incentivam a preservação ambiental.

No âmbito dos RPs e MPs, Hartley et al. (2015) realizaram uma atividade de EA com 176 estudantes britânicos (entre 8 e 13 anos) através de um questionário de análise do entendimento, atitudes e dos comportamentos relacionados com o lixo marinho. O objetivo da atividade foi testar o impacto de uma intervenção, para assim aumentar a conscientização e mudanças de atitudes relativas ao consumo e redução dos resíduos. A atividade foi desenvolvida em quatro etapas (Tabela 7) e, neste contexto, foram discutidos assuntos sobre fontes e impactos ocasionados pelo lixo marinho. Nesta atividade, os estudantes relataram efetuar uma série de medidas e ações de mitigação a respeito do problema, como por exemplo a compra de itens recicláveis e redução da utilização de embalagens com uso único. Através do questionário, os autores conseguiram comprovar a existência de um certo grau de preocupação inicial com as causas e os impactos gerados pelo lixo marinho, como ameaça para a vida selvagem marinha e para a saúde humana.

Por fim, os autores argumentaram que a intervenção educacional aumentou a sensibilização das crianças, tanto quanto as percepções das consequências e ações auto-relatadas.

Tabela 7. Etapas do desenvolvimento da atividade de EA – Adaptado de Hartley et. al (2015).

Etapa	Descrição
1	Entendimento sobre o problema e preocupação com os animais marinhos.
2	Entendimento sobre o resíduo plástico e tempo de degradação (atividades laboratoriais de visualização de MPs).
3	Percepção sobre os impactos e fontes do lixo marinho.
4	Comportamentos auto-relatados.

Concluindo, ainda que a participação da escola e a facilidade do acesso aos informes científicos sejam consideráveis, é de extrema urgência a implantação de sistemas funcionais com práticas que interfiram nos hábitos (modo de utilização, produção e descarte dos RPs) da sociedade em sua universalidade, bem como informar sobre demais problemas que estes acarretam através das práticas da EA, visando a ampliação da consciência ambiental.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivos Gerais

No contexto acima descrito, a presente dissertação teve por objetivo geral contribuir para aumentar a percepção da sociedade em geral, e dos estudantes em particular, sobre a presença dos RP e MPs no meio ambiente, criando desta forma uma base para a compreensão dos efeitos já reconhecidos e reportados nos organismos, e a sua ligação com os hábitos de consumo e comportamentos da sociedade. Deste modo ao promover a reflexão e a compreensão de diversos aspectos, como o destino, a origem e os possíveis efeitos dos MPs nos organismos e nos ecossistemas, pretende-se fomentar alterações de atitudes e comportamentos que objetivem a redução da entrada de RPs no meio ambiente.

1.6.2 Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral acima descrito, foram definidos os seguintes objetivos específicos, nomeadamente:

- Recolher amostras de solos com recurso a métodos diferentes para identificar aquele que permite uma melhor identificação de MPs na matriz do solo, por diversos atores não especializados na avaliação de amostras ambientais;

- b) Recolher amostras de água do Rio Sousa para identificação visual (à lupa) dos possíveis MPs transportados através da corrente de água;
- c) Selecionar um dos métodos para a preparação de uma atividade de educação ambiental e respectiva ficha de atividades para crianças/jovens de 8 a 13 anos (1º e 2º ciclos de ensino básico), em parceria com a Quercus (Associação Nacional de Conservação da Natureza);
- d) Envolver crianças/jovens na recolha e preparação de amostras ambientais para pesquisa e visualização de MPs, no laboratório, e promover a reflexão com base nas evidências recolhidas;
- e) Trabalho em cooperação com estudantes do 12º ano de Artes de Indústrias Gráficas do Colégio Internato dos Carvalhos, na realização de uma exposição temática em grandes áreas comerciais para aumentar a conscientização da população em geral e dos estudantes envolvidos em particular;
- f) Organização de uma conferência sobre MPs na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP), aberta ao público em geral.

2 Preparação da atividade experimental

2.1 Descrição do local de estudo

Os locais de amostragem selecionados localizavam-se na margem do Rio Sousa, um afluente da margem direita do Rio Douro (Figura 12), pertencente à área metropolitana do Porto, no Noroeste de Portugal Continental. O rio tem sua nascente no concelho de Felgueiras (Friande) e desagua em Gondomar (Foz do Sousa), estendendo-se ao longo de 64,7km, desde sua nascente até à foz. Seus afluentes principais são: o Rio Cavalum (margem esquerda), o Rio Mesio (margem direita) e o Rio Ferreira (margem direita). O Rio Sousa possui um vale amplamente aberto na região a montante de sua bacia hidrográfica, que abrange a maior parte do concelho de Felgueiras e continua, para jusante, depois da confluência do Rio Cavalum, na margem esquerda, por um vale encaixado e fortemente meandrizado sobretudo na zona Sul, no concelho de Paredes. Este rio insere-se no domínio bioclimático atlântico setentrional, onde a principal característica é a de um clima relativamente chuvoso e com nebulosidade persistente. Aproximadamente 30% da área total do Vale do Sousa é utilizada para práticas agrícolas, com predominância de culturas de forrageiras anuais, de batata, de cereais e de leguminosas secas para grãos. Já o espaço florestal ocupa uma área de 34% do território do Grande Porto, com manchas de maior continuidade nos concelhos de Valongo e Gondomar (AMP, 2009; ADER-SOUSA, 2008).



Figura 12. Localização do Rio Sousa. Fonte: Google Earth.

2.2 Coleta

A coleta foi realizada em outubro de 2016 antes do período de chuvas e após um verão seco. A amostragem incluiu a coleta de amostras de solo e água, ao longo de dois segmentos (T1-SA e T2-REF de 50m cada) estabelecidos paralelamente ao longo da margem do rio, em dois locais de amostragem distintos. O T1-SA ($41^{\circ}08'N$ e $08^{\circ}52'O$) estava localizado em uma área de plantio agrícola (Figura 13), distando cerca de 2,2 km do T2-REF ($41^{\circ}10'N$ e $08^{\circ}49'O$), sendo este situado em uma área de mata ciliar a montante (Figura 14). Para ambos os locais, foram determinados 3 pontos de coleta ao longo dos segmentos, distantes 25 metros entre si, tendo como ponto inicial (P1), ponto intermédio (P2) e ponto final (P3), como também é possível observar na Figura 13 e Figura 14.

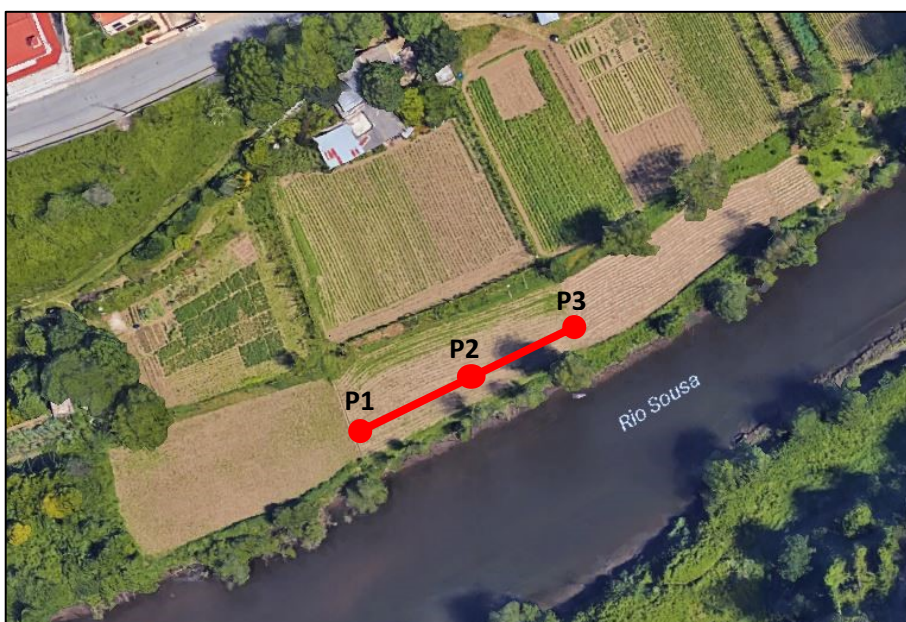


Figura 13. Localização do T1-SA. Fonte: Google Earth.



Figura 14. Localização do T2-REF. Fonte: Google Earth.

Para cada ponto de amostragem, filtraram-se 10 litros de água, utilizando um filtro com uma malha de 50 μ m (Figura 15). As malhas foram acondicionadas em papel laminado (a fim de reduzir possíveis interferências do contato com saco plástico) e etiquetadas, sendo posteriormente levadas para o laboratório da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.



Figura 15. Coleta de amostra de água.

Para as amostras de solo, seguiu-se o método do quadrado. Para o efeito utilizou-se um quadrado de madeira com 30x30x5cm, para delimitar cada um dos três pontos de amostragem nos dois segmentos (Figura 16). Com o auxílio de uma pá, foram recolhidos aproximadamente 4500cm³ de solo em cada ponto de amostragem ao longo dos dois segmentos, de acordo com o descrito anteriormente. As amostras de solo foram etiquetadas e armazenados em papel laminado, a fim de reduzir possíveis interferências do contato com o saco plástico, e levadas posteriormente ao laboratório para análise.



Figura 16. Coleta de amostras de solo.

2.3 Metodologia de amostragem e processamento das amostras

2.3.1 Água

As malhas das amostras de água foram lavadas para uma placa de Petri com o auxílio de um esguicho com água desionizada e analisadas em lupa óptica com ampliação de 10x, a fim de observar com mais facilidade a possível presença de MPs no filtrado (Figura 17). Os MPs encontrados foram analisados e medidos posteriormente com o auxílio de microscópio ótico (marca Zeiss, modelo Stemi DV4), contendo ocular com escala micrométrica, e acondicionados numa placa de Petri seca, para posterior análise de confirmação.



Figura 17. Análise das amostras de água.

2.3.2 Solo

As amostras de solo foram homogeneizadas e levadas à estufa para secagem por 24 horas, a 40°C. Após este período pesou-se a amostra total, e a partir da mesma foram retiradas duas porções de 300g de solo, cada uma. Para cada uma destas porções foram aplicados dois métodos distintos de análise para pesquisa e identificação de MPs:

- a) crivagem da amostra com recurso a uma torre de crivos (marca Retsch, modelo AS 200), com diferentes malhas (2mm, 1mm, 500 μ m, 250 μ m e 100 μ m) para posterior análise direta de cada uma das frações em lupa binocular com uma ampliação de 10x (Figura 18 à esquerda);
- b) análise em solução salina seguindo o método de Masura et al. (2015), onde para a sub-amostra de 300g de solo foi utilizado 1 litro de solução NaCl (300g/L ou 30%). A suspensão de solo na solução salina foi preparada em um frasco de vidro graduado de 1000ml, homogeneizada em agitador magnético por 15 minutos e, posteriormente deixada em repouso por 24 horas (Figura 18 à direita). Após sedimentação, o sobrenadante foi filtrado em malha de 50 μ m, e o filtro foi lavado para uma placa de Petri com o auxílio de um esguicho com água desionizada. O filtrado foi analisado à lupa binocular com uma ampliação de 10x.



Figura 18. À esquerda amostras de solo pós crivagem. À direita, mistura de solução salina e solo após homogeneização.

O número de MPs encontrados em cada uma das porções analisadas, foi extrapolado para a massa total de solo e para a respectiva área, correspondente à área do quadrado, de forma a expressar os resultados obtidos em densidade de MPs por área.

Todos os MPs encontrados foram medidos posteriormente com o auxílio de um microscópio (marca Leica, modelo ATC 2000), contendo uma lupa com régua acoplada (Figura 19) e acondicionados em uma placa de Petri de vidro seca.



Figura 19. Medição dos MPs encontrados por microscopia.

2.4 Resultados

2.4.1 Água

Para as amostras de água, registrou-se a presença de MPs em 3 dos 6 pontos de coleta, sendo na amostra de água recolhida no ponto T1P1, encontrada a maior quantidade de MPs (Tabela 8). Para apresentação dos resultados por local de amostragem, foram calculadas as médias e os respectivos desvios padrão da densidade de MPs encontrados por volume de amostra recolhido, nos três pontos de cada segmento (Figura 20). Apesar da elevada variabilidade entre amostras, o que resultou também do reduzido número de amostras coletadas, a densidade média de MPs foi superior nas amostras de água recolhidas junto ao campo agrícola. No que refere à gama de tamanhos dos MPs encontrados, a maior partícula encontrada foi de 4,95mm e, a menor com o tamanho de 1,33mm (Tabela 8 e Figura 21).

Tabela 8. Resultados da amostra da água com as respectivas localizações, quantidade de MPs encontrados por amostra e gamas de tamanhos.

Localização	Quantidade de MPs	Tamanhos (mm)
T1P1	5	2,97 - 1,48 - 1,46 - 1,39 - 1,33
T1P2	0	-
T1P3	1	4,95
T2P1	0	-
T2P2	0	-
T2P3	1	1,36
Total	7	>4,95 - 2,97 - 1,48 - 1,46 - 1,39 - 1,36 - 1,33<

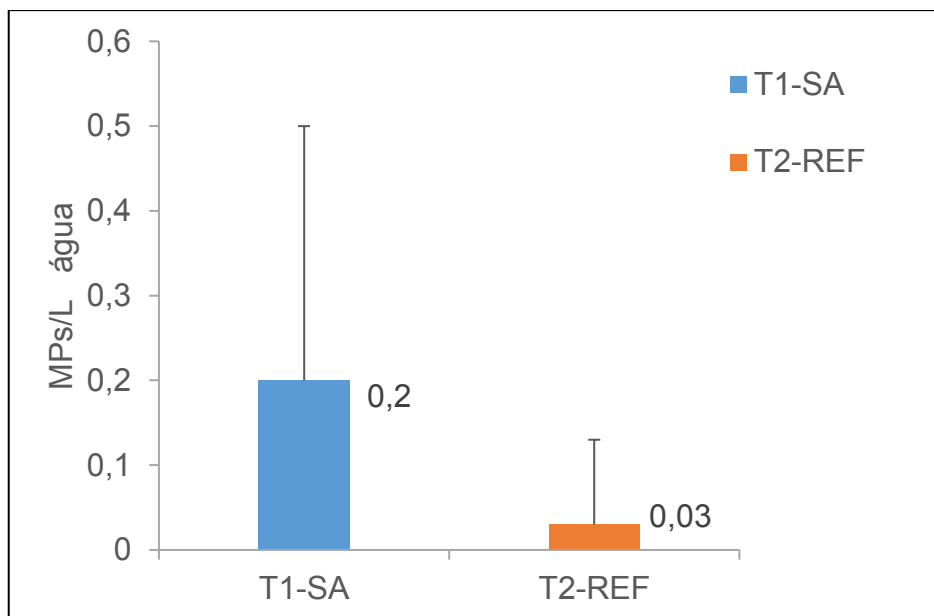


Figura 20. Densidade média de MPs (1-5mm) e respectivos desvios padrão encontrados nas amostras de água recolhidas ao longo de T1-SA e T2-REF.

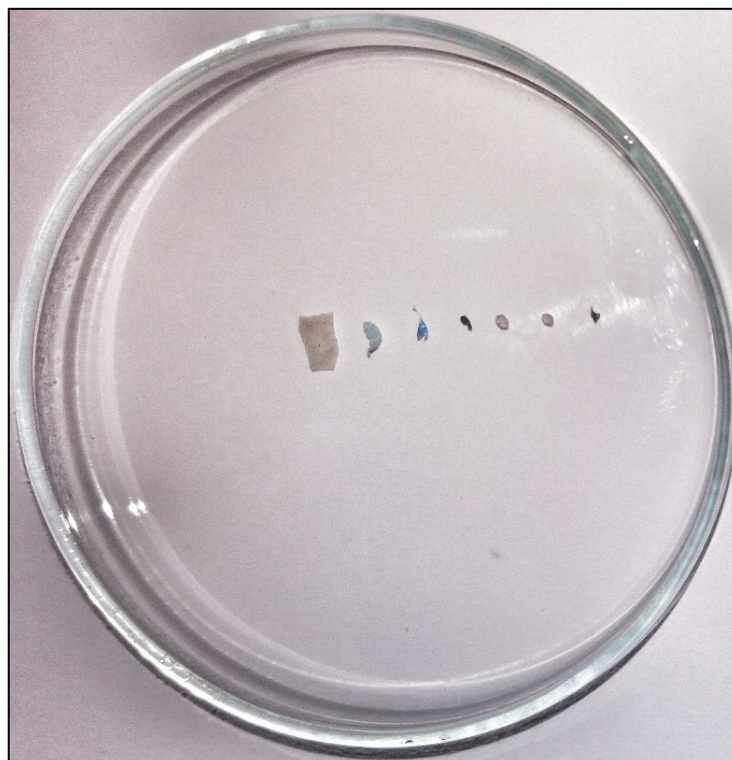


Figura 21. Partículas de MPs por ordem de tamanho encontradas nas amostras de água coletadas no Rio Sousa.

2.4.2 Solo

Nas amostras de solo, registrou-se a presença de MPs em todos os 6 pontos de coleta, sendo que na metodologia por crivagem, foi encontrada uma maior quantidade de partículas em comparação ao método de extração por solução salina (Tabela 9). Para a

representação gráfica dos resultados, foram calculadas as médias e respectivos desvios padrão da densidade de partículas por área, nos pontos de amostragem de cada local. Assim, foi possível verificar que no T1-SA se registaram em média 284 MPs por metro quadrado de solo (método de crivagem) e 47,2 MPs (método de solução salina), no T2-REF, o resultado foi de 160 MPs por metro quadrado de solo (método de crivagem) e 23 MPs (método de solução salina), (Figura 22 e Figura 23). Para a gama de tamanhos, a maior partícula encontrada foi de 4,94mm e, a menor 1,42mm.

Tabela 9. Resultados das amostras do solo com as respectivas localizações, quantidade de MPs encontrados por amostra e gamas de tamanhos

Localização	Quantidade de MPs		Tamanhos (mm)	
	Sol. NaCl	Crivado	Sol. NaCl	Crivado
T1P1	-	5	-	3,89 (2mm) / 2,5 e 2,32 (1mm) / 1,77 e 1,9 (500um)
T1P2	-	4	-	4,86 (2mm) / 2,81 - 2,76 - 2,02 (500um)
T1P3	2	3	4,71 e 1,96	4,94 (2mm) / 3,62 e 3,19 (1mm)
T2P1	-	1	-	1,42 (500um)
T2P2	-	2	-	4,88 (2mm) e 2,23 (1mm)
T2P3	1	4	4,02	3,95 e 3,07 (1mm) / 2,28 e 1,82 (500um)
Total	3	19		>4,94 <1,42

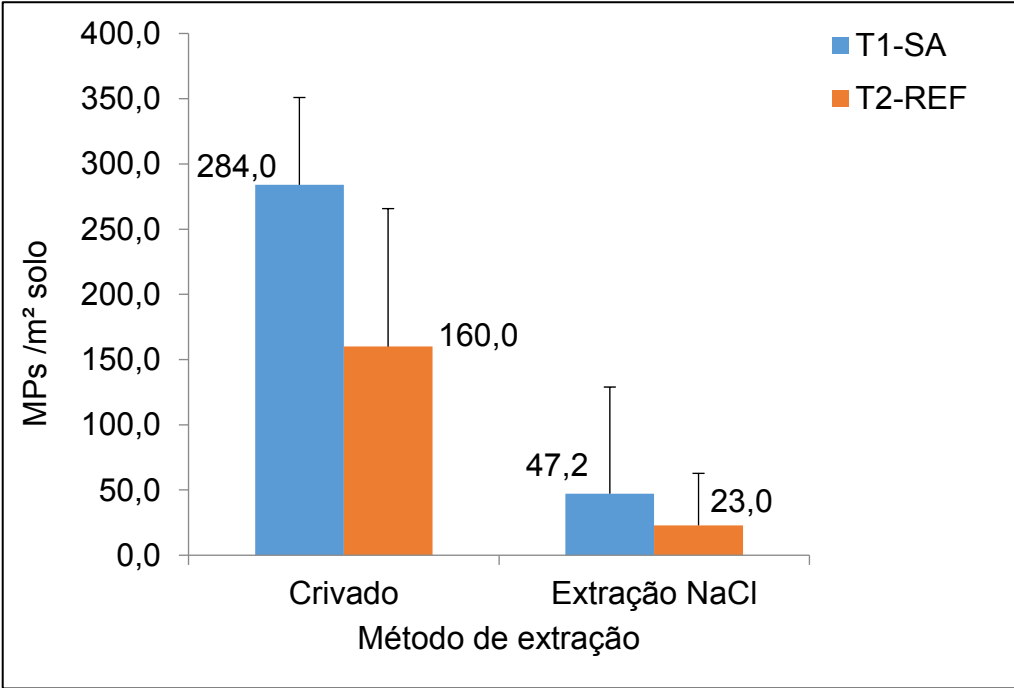


Figura 22. Densidade média de MPs (1-5mm) e respectivos desvios padrão presentes em T1-SA e T2-REF.

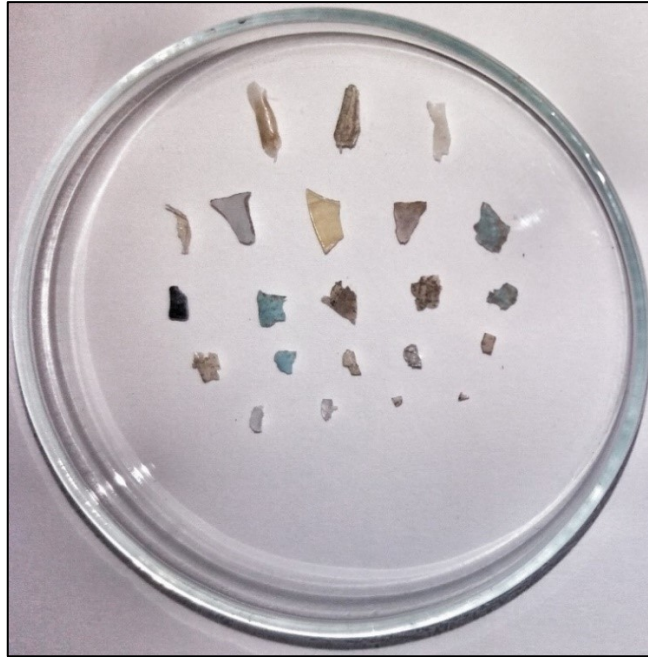


Figura 23. Partículas de MPs por ordem de tamanho encontradas no solo.

2.5 Discussão

Ao comparar os resultados obtidos nos dois métodos, foi possível verificar que houve uma maior quantidade de MPs encontrados nos solos. Em paralelo verificou-se também, nas amostras (água e solo) provenientes da área de plantio agrícola (T1-SA), uma quantidade de MPs superior à área de referência (T2-REF). Tal resultado, e sobretudo para as amostras de solo, poderá dever-se ao fato dos plásticos serem amplamente utilizados nas práticas agrícolas para diferentes fins, incluindo a proteção das culturas, o transporte das mesmas e como recipientes de produtos fitofármacos e de fertilizantes, que frequentemente são abandonados na área (LWANGA et al., 2016; STEINMETZ et al., 2016).

É correto também afirmar que, o motivo pelo qual foram encontrados mais fragmentos MPs nas amostras de água na área T1-SA, comparativamente a T2-REF, poderá ser devido aos RPs e/ou MPs presentes no ecossistema terrestre em questão, e que são transportados por escorrências para as águas do Rio Sousa, sobretudo a montante, já que o T1-SA, se encontra a jusante, muito próximo do ponto onde este rio se junta ao Rio Douro. Tal afirmação é confirmada por Jambeck et al. (2015), com a alegação de que 80% dos plásticos presentes nos ecossistemas aquáticos, sobretudo no ambiente marinho, são originários de fontes interiores, provenientes de rios e ecossistemas terrestres. Ainda, segundo Nizzetto et al. (2016) os materiais plásticos, quando expostos à luz solar e altas temperaturas, podem sofrer uma rápida fragmentação, sendo os polímeros

densos mais propensos a permanecer no solo e, conseqüentemente, transportados para estratos terrestres mais profundos, sendo os polímeros mais leves transportados pelas escorrências ou ação do vento para outros solos ou águas superficiais.

Em relação aos resultados obtidos na análise da água, estudos atuais também relataram a presença de MPs em rios na Europa, enfatizando a importância dos compartimentos dulçaquícolas na dispersão de partículas plásticas para o mar (LESLIE et al., 2017; MANI et al., 2015; SANCHEZ et al., 2014). O descarte direto de RPs, no próprio leito do rio, também não é uma possibilidade a descartar. Segundo estimativas de Lebreton et al. (2017), mundialmente há um fluxo de 1,15 a 2,41 milhões de toneladas de RPs provenientes dos sistemas ribeirinhos, que seguem em direção aos oceanos todos os anos.

No que se diz respeito à metodologia de verificação visual à lupa ótica, utilizada para fazer a análise dos MPs em ambas amostras, é importante referir que a mesma pode estar a subestimar menores partículas plásticas, visto que só foram encontrados MPs maiores que 1mm, necessitando desta forma, de análises a nível de micro e nanopartículas (BALLENT et al., 2016). Porém, para o desenvolvimento da atividade de EA em questão, o método utilizado foi considerado satisfatório.

Através da adequação dos dois métodos descritos acima, foi possível verificar que, a metodologia utilizada para a pesquisa de MPs na água, comparada com a do solo, foi a de menor custo (no que se refere aos materiais utilizados), rápida e de fácil execução, sendo possível apresentar resultados de uma forma simples e eficaz. Contudo, ambos os métodos permitiram com elevada facilidade o registro de MPs, quer na matriz solo, quer na matriz água, sem um grande esforço de amostragem. A análise visual dos MPs permite uma rápida verificação da presença ou ausência dos mesmos, sendo, em muito casos, considerada satisfatória para a diferenciação de fragmentos de maiores dimensões (0,25 – 5mm), em amostras de grande volume (BALLENT et al., 2016; RODRÍGUEZ-SEIJO e PEREIRA, 2017). Em contrapartida, pelo fato de ser possível visualizar apenas MPs com tamanho superior a 1mm, tais metodologias são pedagógicas, sendo inaplicável para uma quantificação exaustiva e de caráter científico que inclua fragmentos menores.

Como as idades do público-alvo estão compreendidas entre os 8 e os 13 anos, torna-se essencial que as atividades de EA sejam dinâmicas, produzindo resultados no tempo disponível (2.30 h), para que possam através da recolha ativa de evidências, facilitar o processo de conscientização para a problemática. Desta forma, mediante as duas metodologias testadas para a pesquisa de MPs, escolheu-se para a atividade de EA, a recolha de amostras de água. Esta decisão teve ainda por base a localização do Núcleo da Quercus na cidade do Porto (Quinta da Gruta), na proximidade de um pequeno ribeiro (Ribeira do Arquinho) de fácil acesso, permitindo aos estudantes a realização de todas as etapas de recolha de amostras, processamento e observação com segurança e no tempo

disponível. A seleção do ribeiro e da recolha de MPs em amostras de água foi também selecionada, porque se pretendia demonstrar a ligação entre os RPs e MPs encontrados no meio marinho, com as suas fontes em meio terrestre e as suas vias de transporte através dos cursos de água doce.

Por fim, levando em consideração que uma atividade realizada no solo poderia ser também interessante, visto que foram encontradas densidades surpreendentemente elevadas de MPs nessa matriz, foi estabelecido que tal prática deveria ser aplicada no futuro com estudantes de faixas etárias superiores, não condizendo com as turmas disponíveis para atividades da Quercus.

3 Atividade de Educação Ambiental (EA)

3.1 Quercus: núcleo regional do Porto

Para que a atividade de EA fosse desenvolvida, foi estabelecida uma parceria entre a Faculdade de Ciências da Universidade do Porto e a Quercus (Associação Nacional de Conservação da Natureza). A Quercus (<http://www.quercus.pt/>) é uma organização não-governamental (ONG) portuguesa independente, apartidária, sem fins lucrativos e constituída por cidadãos, criada segundo o Decreto-Lei n.º 66/98 (AR, 1998). Foi fundada em 1985 e hoje, tem 18 núcleos regionais espalhados por todo o país, incluindo os arquipélagos dos Açores e Madeira. Tem, por principal objetivo, a conservação da natureza e dos recursos naturais, bem como a defesa do ambiente em geral, visando o desenvolvimento sustentável¹.

A Quercus também promove a defesa de múltiplas causas da natureza e meio ambiente, sendo seu âmbito de ação diversificado, com enfoque nas mais importantes áreas temáticas da atualidade ambiental, como a energia, a água, os resíduos, as alterações climáticas, as florestas, o consumo sustentável, a responsabilidade ambiental, atividades de EA e muitas outras, onde toda a ação desenvolvida é suportada por grupos de trabalho e projetos permanentes¹.

As atividades de EA foram realizadas na Quercus – Núcleo Regional do Porto, com sede no Complexo de Educação Ambiental Quinta da Gruta na Maia (Figura 24), onde há em suas instalações uma escola ambiental, hortas pedagógicas e uma área para práticas de desporto (Departamento de Ambiente e Qualidade de Vida – Câmara Municipal de Maia, 2005). O núcleo está localizado no distrito do Porto e abrange os concelhos de Amarante, Baião, Felgueiras, Gondomar, Lousada, Maia, Marco de Canaveses, Matosinhos, Paços

¹ <http://www.quercus.pt/>, acedido em setembro de 2017.

de Ferreira, Paredes, Penafiel, Porto, Póvoa de Varzim, Santo Tirso, Trofa, Valongo, Vila do Conde e Vila Nova de Gaia¹.



Figura 24. Complexo de Educação Ambiental Quinta da Gruta (Quercus - Núcleo Regional do Porto).

3.2 Preparação do texto e divulgação da atividade de EA

O público-alvo selecionado para a atividade prática de sensibilização acerca da problemática dos MPs, correspondeu a crianças/jovens de 8 a 13 anos, cursando 1º e 2º ciclos de ensino básico. Para divulgação da atividade, foi preparado um texto descritivo da mesma (Ficha de apresentação da atividade de EA para a Quercus – Anexo I) e, o seu envio para a rede de escolas ficou sob a responsabilidade da Quercus. Após a divulgação da atividade, houve o interesse por parte das escolas, obtendo-se 4 turmas de estudantes interessados. Com as datas já pré-estabelecidas, as atividades decorreram inseridas num conjunto de outras atividades oferecidas pela Quercus sobre biodiversidade e conservação dos ecossistemas aquáticos.

A atividade foi concretizada com 4 turmas, durante os meses de maio e junho de 2017, sendo as duas primeiras turmas constituídas por estudantes do 8º ano (entre 12 e 13 anos) e, as duas últimas, por estudantes do 3º ano do Ensino Básico (entre 8 e 9 anos). No total frequentaram a atividade 94 estudantes.

3.3 Preparação e aplicação da ficha de atividades

A atividade prática de EA foi conceitualizada tendo por base exemplos de atividades publicados em dois livros, intitulados “*Atividades Práticas em Ciência e Educação Ambiental I e II*” de Gonçalves et al. (2007) e Pereira et al. (2016).

A atividade prática de EA desenvolvida foi intitulada “Microplásticos: Pequenos Vilões, Grandes Problemas” e consistiu nas seguintes etapas: 1) uma breve introdução expositiva sobre os RPs, a definição de MPs e os problemas ocasionados pelos mesmos (15 min); 2) uma atividade de campo (1.00 h) de recolha das amostras de água no Ribeiro e, 3) uma prática de laboratório (1.15 h). No total, a atividade teve uma duração máxima de 2.30 h.

Para acompanhar a atividade foi efetuada uma guia/ficha de atividades (Anexo II) com uma introdução à problemática, descrição das tarefas/métodos a executar e com questões que conduzissem os participantes a refletir sobre as suas ações e sobre a problemática. Os resultados descritos na secção 2, e imagens recolhidas anteriormente pela investigadora serviram de base à concepção do guia e da respectiva atividade.

A guia/ficha de atividades foi utilizada para acompanhar as três etapas previamente descritas da atividade prática. Assim sendo, a ficha incluía duas partes, a parte da atividade de campo e a parte da atividade laboratorial de identificação dos MPs. Contudo, antes das mesmas, foi preparada uma apresentação teórica para introduzir o problema (Anexo III). No final da apresentação, as fichas de atividades foram entregues individualmente para preenchimento inicial dos dados de identificação (nome, idade, escola e data) e para a explicação das diferentes etapas da atividade que iriam executar.

3.4 Atividade de campo e laboratorial

Os estudantes foram levados para as margens da Ribeira do Arquinho (Figura 25), com localização próxima às instalações da Quercus (aproximadamente 150m de distância), onde primeiramente lhes foi solicitado que identificassem os RPs descartados incorretamente, que efetuassem a recolha de alguns desses resíduos no local e uma breve descrição dos mesmos na ficha de atividades.



Figura 25. Ribeira do Arquinho.

Numa segunda etapa os estudantes recolheram e filtraram 10L de água (Figura 26) da Ribeira do Arquinho, através de um filtro de malha de 50 μ m, inserida em um funil improvisado a partir de uma garrafa de água, para posterior análise e identificação de MPs retidos no filtro, com a utilização de lupa binocular no laboratório.



Figura 26. Coleta e filtragem das amostras de água.

Na terceira etapa, foi realizada uma atividade laboratorial de observação à lupa e ilustração dos possíveis MPs encontrados no material filtrado por cada grupo (Figura 27).



Figura 27. Observação à lupa do material filtrado.

Após ilustração e preenchimento da ficha de atividades, foi realizada uma discussão final, trazendo uma reflexão a cerca da presença de RPs e MPs na Ribeira do Arquinho, da ligação entre ambos os resíduos, dos oceanos como destino final e sobre a necessidade de uma alteração comportamental relacionada ao tema.

3.5 Resultados

A atividade foi aplicada em 4 turmas, sendo as duas primeiras turmas constituídas por estudantes do 8º ano (entre 12 e 13 anos) e, as duas últimas, por estudantes do 3º ano (entre 8 e 9 anos), obtendo-se um total de 94 estudantes participantes (Tabela 10).

Tabela 10. Descrição dos estudantes participantes na atividade de EA realizada no Núcleo da Quercus.

Data	Turma	Ano	Quantidade de estudantes
05/05/2017	1	8º	21 (entre 12 e 13 anos)
09/05/2017	2	8º	27 (entre 12 e 13 anos)
19/05/2017	3	3º	26 (entre 8 e 9 anos)
09/06/2017	4	3º	20 (entre 8 e 9 anos)

Inicialmente, os estudantes foram encaminhados para uma sala de aula, onde se iniciou a apresentação teórica da problemática (aproximadamente 15 minutos) sobre os RPs, MPs e efeitos na biota (Figura 28). Ao serem questionados sobre o conhecimento prévio do assunto, alguns estudantes, principalmente os do 8º ano de escolaridade, relataram já ter consciência sobre a presença de RPs e MPs, mas somente nos oceanos. Nesta apresentação, todos os estudantes, inclusive os professores que os acompanhavam, se mostraram demasiadamente impressionados com a quantidade de espécies que podem ser afetadas pelos RPs e MPs, questionando sobretudo sobre o risco de morte dos animais e efeitos na saúde humana.



Figura 28. Aula introdutória sobre RPs e MPs.

Em todas as atividades, os estudantes foram divididos em 4 ou 5 grupos, sempre acompanhados de dois professores e dois auxiliares da Quercus, na sua deslocação ao local da atividade prática para melhor interação com a investigadora que conduziu a atividade e para que pudessem realizar individualmente todas as tarefas propostas na ficha de atividades, quer no campo quer no laboratório.

No decorrer da primeira atividade de campo, os estudantes se mostraram preocupados com o alto índice de poluição por RS no local, participando ativamente na coleta dos RPs presentes nas margens da Ribeira do Arquinho (Figura 29), bem como na identificação de resíduos perigosos como seringas e dispositivos para gerar fogo, os quais não foram recolhidos pelos estudantes. Através da ficha de atividades, os estudantes puderam refletir e elaborar suas respostas sobre como os resíduos foram dispostos no local e qual seria o seu destino final. Para exemplificar, são apresentadas algumas das respostas dadas pelos estudantes nas fichas (Figura 30, Figura 31 e Figura 32), onde é possível perceber que nesta fase, nem todos os estudantes foram capazes de fazer a ligação dos RPs observados, com aqueles que surgem no meio marinho.



Figura 29. Resíduos plásticos coletados pelos estudantes na Ribeira do Arquinho.

Problema:
Observa as margens da Ribeira do Arquinho.
Consegues, identificar resíduos plásticos descartados incorretamente nas suas margens? (assinala com um X a tua resposta).
Sim ☒ Não ☐ Não sei ☐

Na tua opinião, como é que estes resíduos vieram parar a este local e qual será o seu destino final?
Escreve a tua resposta:
Vieram parar a este local porque as pessoas deitam lixo para o rio e o seu destino final será no organismo dos animais.

Figura 30. Resposta 1 - "Vieram parar a este local porque as pessoas deitam lixo para o rio e seu destino final será no organismo dos animais"

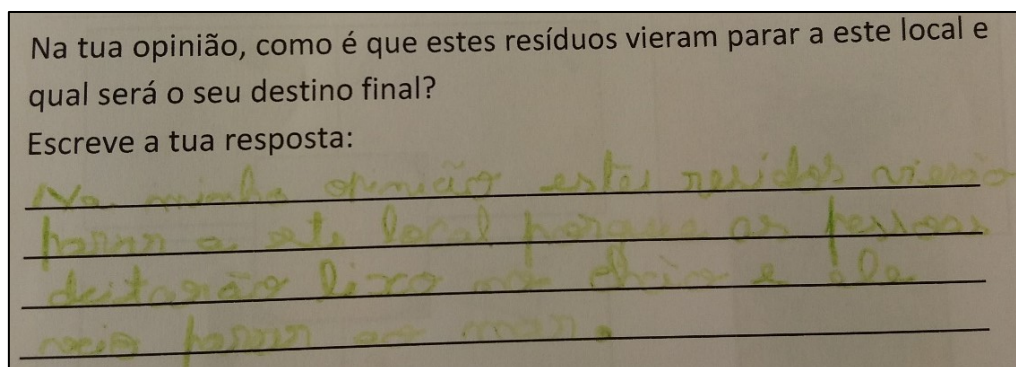


Figura 31. Resposta 2 - "Na minha opinião, estes resíduos vieram parar a este local porque as pessoas deitaram lixo no chão e ele vai parar no mar".

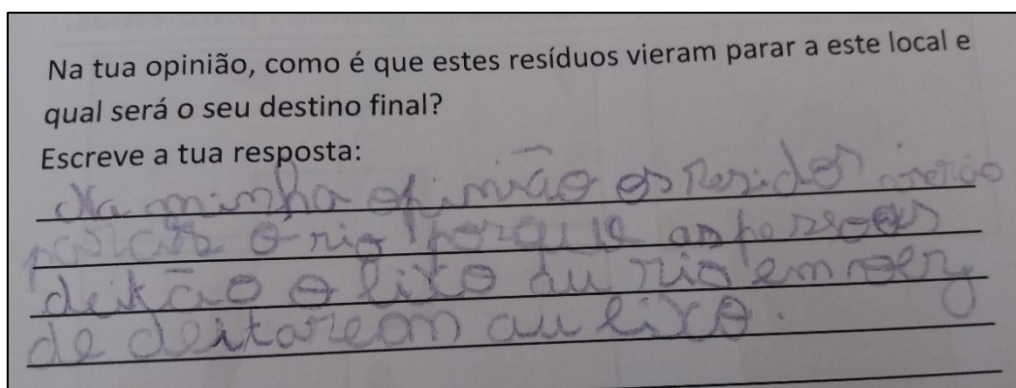


Figura 32. Resposta 3 - "Na minha opinião, os resíduos vieram para o rio porque as pessoas deitam o lixo ao rio em vez de deitarem ao lixo."

Ainda na atividade de campo, os estudantes realizaram a filtragem da água da Ribeira do Arquinho e, em todos os grupos, houve discussão sobre a presença ou não de MPs no filtro, a partir de uma primeira análise visual *in situ* (Figura 33). Em alguns filtros foi possível já observar a presença de fragmentos plásticos que estariam presentes na água do ribeiro.



Figura 33. Atividade de coleta, filtragem e análise inicial da presença de MPs.

Com o término das atividades de campo, os estudantes foram encaminhados ao laboratório multidisciplinar da Quercus para a realização da pesquisa visual à lupa dos MPs nos filtros. Nesta atividade, após efetuarem a lavagem do filtro, para a placa de Petri, com o apoio de um esguicho, os estudantes puderam observar o conteúdo coletado e assim, reconhecer a efetiva presença dos fragmentos plásticos nas amostras, como pode ser observado na Figura 34. Nos filtrados foram encontrados MPs, demonstrando que, a maioria dos estudantes estavam corretos quando previram que seria possível encontrar MPs na Ribeira do Arquinho, ao serem questionados durante a coleta das amostras de água da mesma.



Figura 34. MPs encontrados nas atividades de EA.

Seguindo a ficha de atividades, iniciou-se a atividade de ilustração dos MPs encontrados visualmente, como é possível observar na Figura 35 e na Figura 36. Com esta atividade, os estudantes identificaram algumas características importantes dos MPs encontrados, sendo estas o formato, a cor e o tamanho, além de elaborarem um raciocínio sobre a origem das partículas plásticas, iniciando espontaneamente, nesta fase da atividade, uma discussão sobre os resíduos de maiores dimensões que foram encontrados na Ribeira do Arquinho, como garrafas plásticas, redes de pesca, sacos de supermercado e outras embalagens.

Atividade 3

Vamos realizar uma atividade de análise e identificação à lupa do material filtrado, para detetar possível presença dos microplásticos. Verificar se tens todos os materiais para a recolha assinalando com um X:

- ☐ Lupa
- ☐ Placa de Petri
- ☐ Esguicho com água destilada
- ☐ Pinça

- 1 . Retira o filtro da folha de alumínio com cuidado.
- 2 . Lava com o auxílio do esguicho o conteúdo para uma placa de Petri.
- 3 . Observa à lupa o material filtrado e verifica se há microplásticos.
- 4 . Retira os microplásticos com a pinça para outra placa de Petri.
- 5 . Desenha o que vês abaixo.

Placa de nº 4

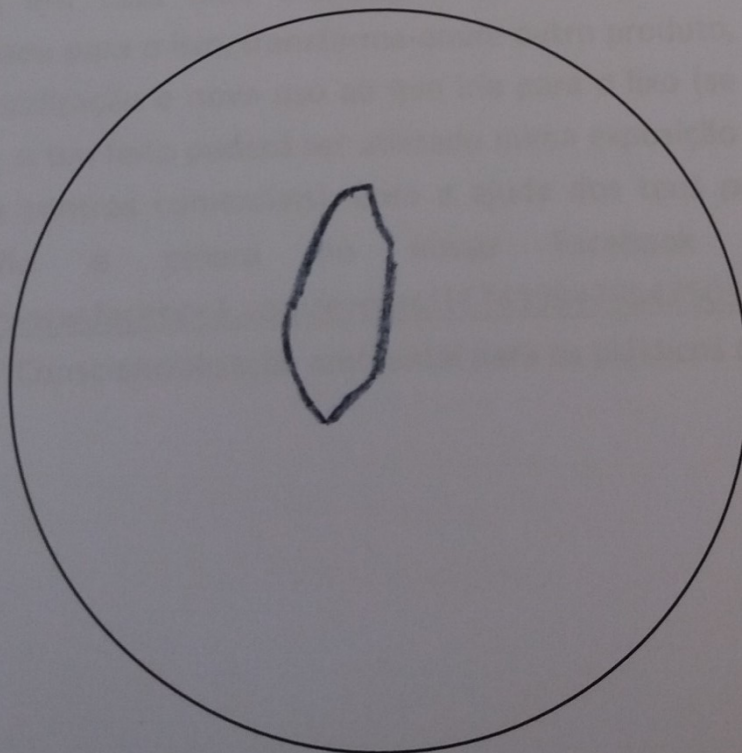


Figura 35. Ilustração da placa número 4.

Atividade 3

Vamos realizar uma atividade de análise e identificação à lupa do material filtrado, para detetar possível presença dos microplásticos. Verificar se tens todos os materiais para a recolha assinalando com um X:

- ☒ Lupa
- ☒ Placa de Petri
- ☒ Esguicho com água destilada
- ☒ Pinça

- 1 . Retira o filtro da folha de alumínio com cuidado.
- 2 . Lava com o auxílio do esguicho o conteúdo para uma placa de Petri.
- 3 . Observa à lupa o material filtrado e verifica se há microplásticos.
- 4 . Retira os microplásticos com a pinça para outra placa de Petri.
- 5 . Desenha o que vês abaixo.

Placa de nº 1

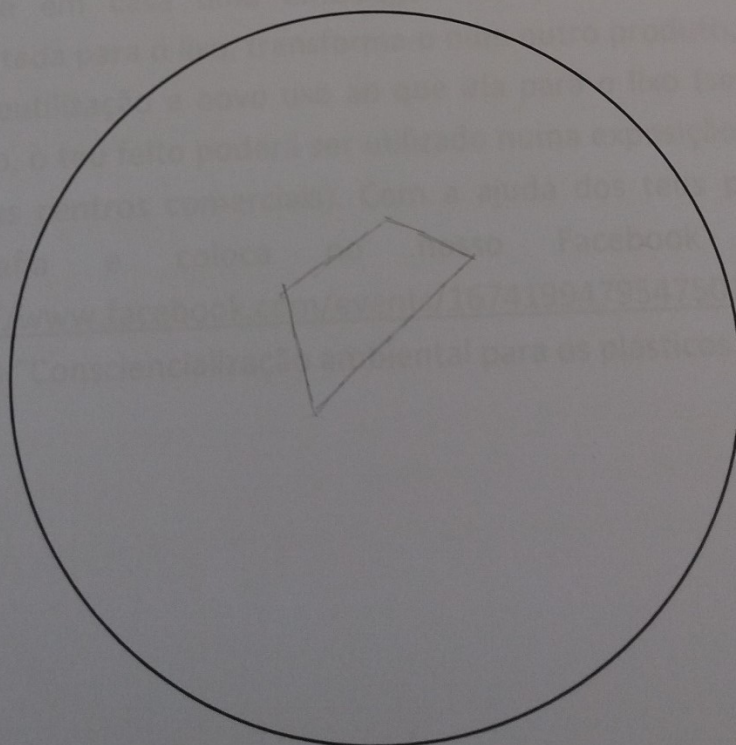


Figura 36. Ilustração da placa número 1.

Após a ilustração dos MPs encontrados e, para finalizar a atividade de EA, os estudantes foram estimulados a refletir e discutir com os colegas, de seu respectivo grupo, sobre o que pôde ser concluído com as atividades de campo e laboratório realizadas. Com isto, foi possível obter respostas satisfatórias sobre o entendimento e assimilação da problemática do tema, como pode ser observado nas imagens abaixo (Figura 37 a Figura 44).

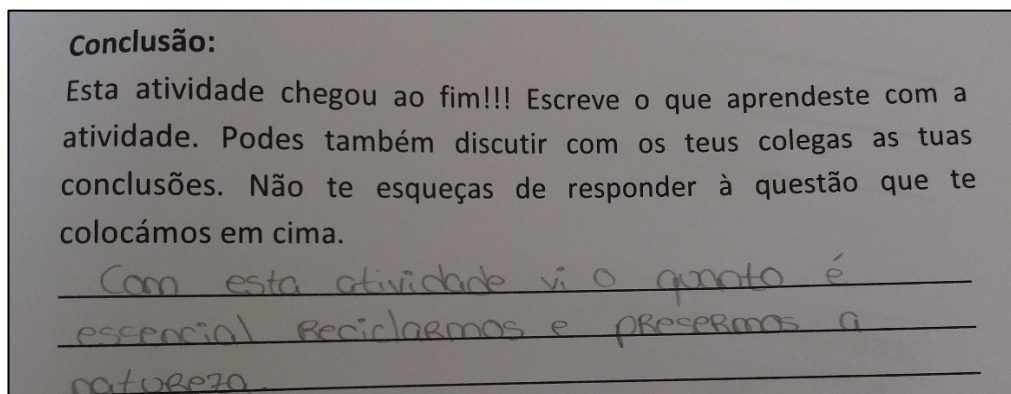


Figura 37. Conclusão 1 - "Com esta atividade vi o quanto é essencial reciclarmos e preservarmos a natureza".

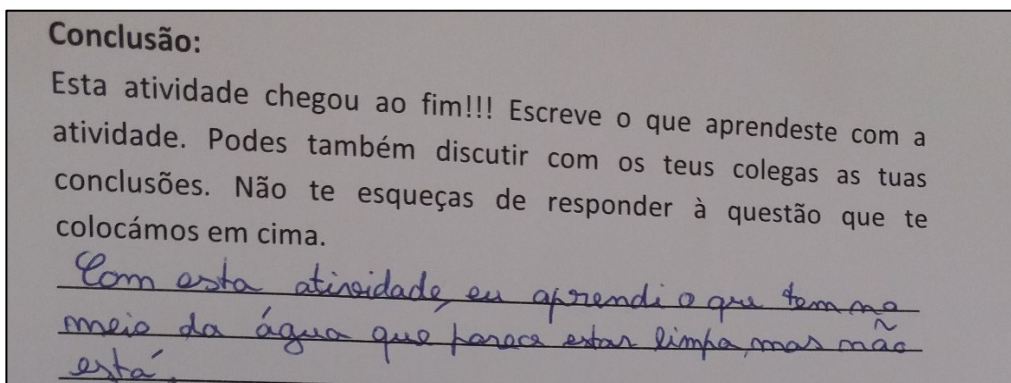


Figura 38. Conclusão 2 - "Com esta atividade, eu aprendi o que tem no meio da água que parece estar limpa, mas não está".

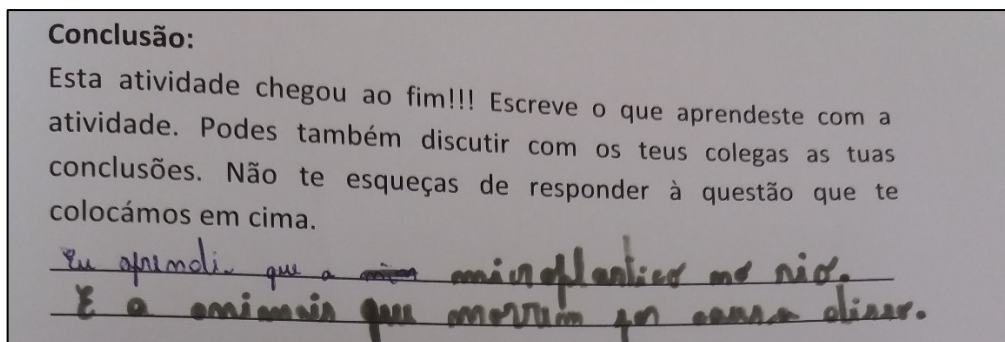


Figura 39. Conclusão 3 - "Eu aprendi que há microplásticos no rio. E há animais que morrem por causa disso".

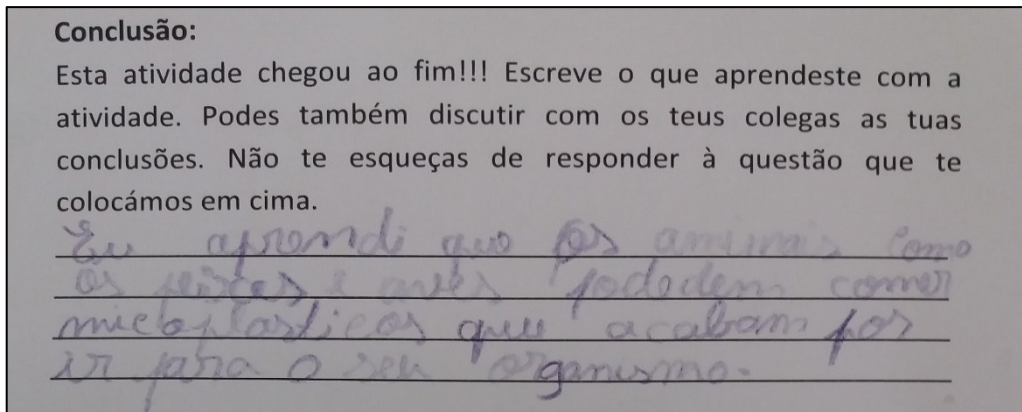


Figura 40. Conclusão 4 - "Eu aprendi que os animais, como peixes e aves, podem comer microplásticos que acabam por ir para o seu organismo".

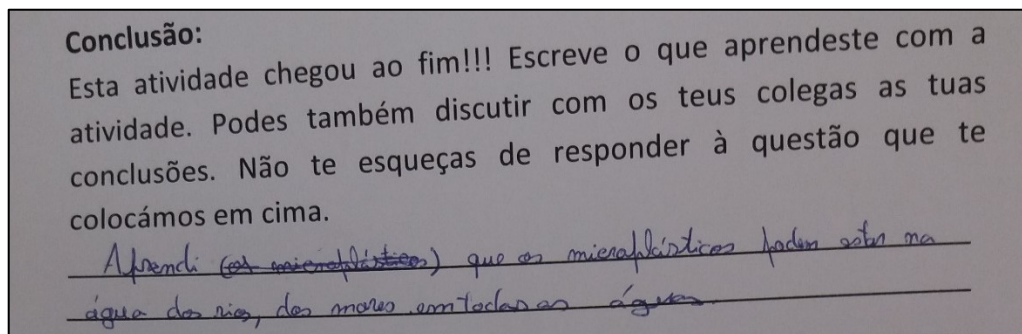


Figura 41. Conclusão 5 - "Aprendi que os microplásticos podem estar na água dos rios, dos mares, em todas as águas".

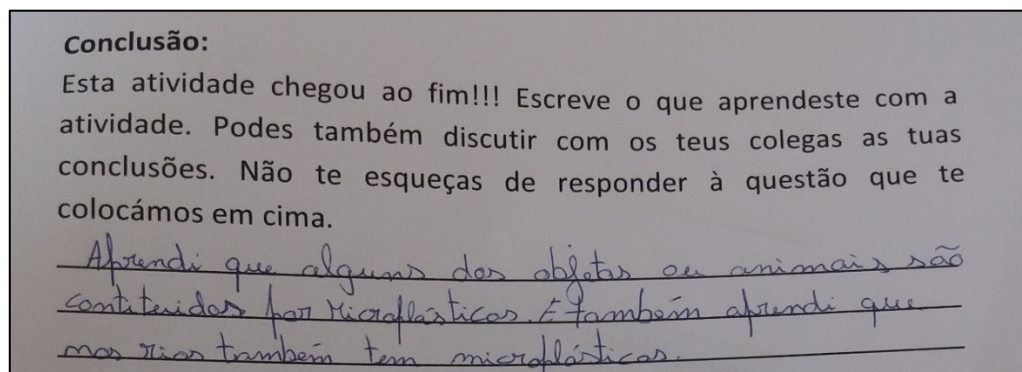


Figura 42. Conclusão 6 - "Aprendi que alguns dos objetos em animais são constituídos por microplásticos. E também aprendi que nos rios também tem microplásticos".

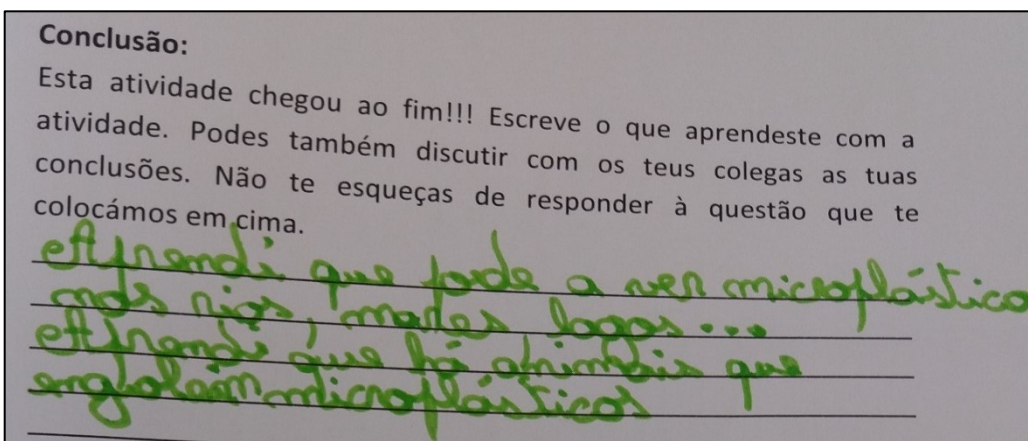


Figura 43. Conclusão 7 - "Aprendi que pode haver microplásticos nos rios, mares, lagos... Aprendi que há animais que engolem microplásticos".

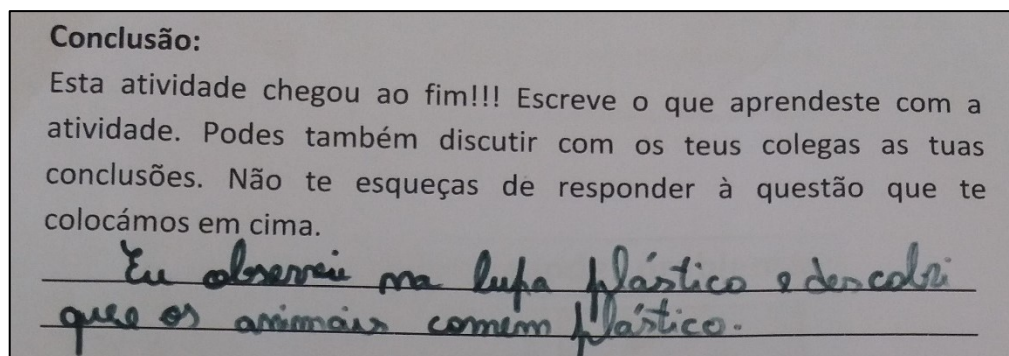


Figura 44. Conclusão 8 - “Eu observei na lupa plásticos e descobri que os animais comem plástico”.

Com a finalização da atividade de EA, algumas respostas foram discutidas e foi salientada a importância de depositar o lixo em local adequado, efetuar a reciclagem e reutilização de materiais/embalagens plásticas, para assim promover uma diminuição na poluição ocasionada por este tipo de resíduo.

3.6 Discussão

A presente atividade, intitulada “Microplásticos: Pequenos Vilões, Grandes Problemas”, foi realizada em conjunto com outra atividade da Quercus sobre biodiversidade e conservação dos ecossistemas aquáticos, sendo possível gerar um maior grau de sensibilização, uma vez que, após o término da atividade de recolha das amostras de água, os estudantes puderam reconhecer a diversidade de espécies que habitam a Ribeira do Arquinho (peixes, crustáceos, moluscos e artrópodes) e refletir sobre os impactos negativos que tais organismos podem enfrentar pela poluição do local com RPs e MPs, sendo assim ressaltada a importância da interdisciplinaridade, integrada através da EA (MARCATTO, 2002).

Com a aplicação das atividades, foi possível observar que os estudantes ficaram sensibilizados, já na aula introdutória, com a apresentação das figuras demonstrativas de diversos organismos contendo RPs e MPs no seu tubo digestivo. Os professores presentes e os funcionários da Quercus, também demonstraram certo grau de preocupação com o que foi apresentado, procurando posteriormente a investigadora que conduziu a atividade para discutir sobre o assunto.

Segundo Crawford et al. (2015) e Damerell et al. (2013), as atividades práticas de EA, quando inserem diretamente os estudantes dentro do ambiente e da problemática do tema, permitem o desenvolvimento de um pensamento profundo e crítico sobre seus comportamentos como consumidores e sobre como eles próprios podem ser agentes de mudança, ao influenciar também outros colegas e a família. Tal afirmação pôde ser observada com o término da apresentação e início da recolha de RPs na Ribeira do

Arquinho, onde alguns estudantes relataram, após observar a poluição no local, que é de suma importância descartar corretamente os resíduos utilizados, afirmando que assim pode-se contribuir para a diminuição da poluição ambiental.

Através das respostas iniciais sobre os resíduos encontrados na Ribeira do Arquinho e seu destino final, foi possível também observar, pelas respostas elaboradas, que os estudantes não haviam percebido efetivamente a ligação que ocorre entre os rios e os oceanos. Por tal motivo, foi salientado no final da atividade, que o meio marinho é o destino final dos MPs e também, que muitos RPs descartados incorretamente podem originar os MPs nos oceanos através da degradação dos primeiros pela radiação solar e forças abrasivas.

Em relação à ficha de atividades, notou-se que a mesma foi bem compreendida por ambos os grupos etários, não havendo questionamentos sobre sua explicação ou diferença no entendimento pelos estudantes dos distintos anos. Ainda, através de uma análise das respostas finais, notou-se também que todos estudantes entenderam que os MPs são derivados dos RPs e que eles estão presentes em diferentes ambientes, nos sedimentos e na água. Os resultados obtidos através da presente atividade corroboram com os de outros estudos e atividades de EA, também realizados no âmbito da conservação de compartimentos dulçaquícolas e/ou marinhos, como por exemplo os de Guimarães et al. (2017), Hartley et al. (2015) e Hidalgo-Ruz e Thiel (2013), destacando a importância da realizar a integração e implementação de atividades de EA em instituições educacionais em qualquer nível de ensino, fortalecendo desta forma, a geração de uma visão mais crítica sobre problemas ambientais.

4 Exposição

Para além da atividade de EA, foi estabelecido com a Quercus, o desenvolvimento de uma exposição temática de sensibilização em centros comerciais, para o público em geral, sobre a problemática da contaminação ambiental com RP e MPs. Para o efeito, foi estabelecida uma parceria com o Colégio Internato dos Carvalhos, em particular com estudantes do 12º ano de Artes de Indústrias Gráficas, que colaboraram no design dos cartazes, *folders* e *banners* sobre a origem dos MPs em terra e seu destino final nos oceanos, bem como as vias de entrada nas cadeias tróficas. Para tal, foi realizada inicialmente uma reunião no colégio, em colaboração com um representante da Quercus, onde foi apresentada aos professores e estudantes, a referida problemática e os objetivos da exposição, para gerar uma maior compreensão sobre o assunto. Paralelamente, foi apresentada também a ideia de transmitir ao público quais as fontes dos RPs e MPs em

área continental/terrestre e as suas vias de transporte no ambiente, retirando assim o foco do problema somente no destino final (meio marinho). Nesta reunião, também foi estabelecido que, a exposição seria composta por:

- a) Cartazes: uma sequência de 12 ou 13 cartazes (Anexo IV) a ilustrar o trajeto dos MPs contendo imagens e pequenas mensagens, elaboradas pela investigadora com recurso a bibliografia científica atual (Anexo V).
- b) Panfletos (desdobrável): contendo um breve texto informativo e explicativo, figuras e imagens sobre os MPs e seus efeitos nos seres vivos. Estes desdobráveis tinham como objetivo amplificar a mensagem para que ela se estenda e perdure para além da exposição (Anexo VI).
- c) Um Mapa de Portugal: um cartaz intitulado “Resíduos Plásticos: um problema global” contendo o mapa de Portugal ilustrado com fotos reais sobre a distribuição dos RPs em todo o país, através da utilização de *QR Codes*. As imagens podem ser acessadas por telemóveis através de suas câmeras, pelo escaneamento do código bidimensional contido no mapa. Para a elaboração do mapa, foi criada uma página no Facebook intitulada “Consciencialização ambiental para os plásticos em Portugal”, contando com o auxílio das pessoas de diferentes sítios em Portugal que registraram a presença de RPs dispostos de forma incorreta em cidades ou ambientes naturais, como por exemplo na Figura 45, fazendo posteriormente o upload na página de Facebook. Este cartaz teve como objetivo tornar a exposição mais interativa, através do recurso de tecnologias digitais (Anexo VII).



Figura 45. Lixo plástico na reserva natural do estuário do Rio Douro em Gaia.

Para facilitar a comunicação com os estudantes do Colégio Internato dos Carvalhos, foi criada uma pasta de Dropbox para a disponibilização do material e discussão acerca da elaboração dos cartazes, panfletos e mapa de Portugal.

A exposição está a ser planeada com a Quercus e, será realizada entre os meses de novembro e dezembro deste ano (2017) em grandes superfícies comerciais. É de suma importância ainda salientar que, o objetivo da exposição não será o de induzir as pessoas ao não consumo de plásticos, mas sim o de incentivar uma utilização regrada e consciente dos mesmos.

Por fim, será realizada uma conferência, também em parceria com a Quercus, sobre o tema dos MPs na Faculdade de Ciências da Universidade do Porto (FCUP) aberta ao público em geral no mês de novembro de 2017, com data exata e horário ainda a definir.

5 Considerações finais

Com a realização da pesquisa bibliográfica, pôde-se confirmar a dificuldade de pesquisa de trabalhos publicados em plataformas científicas que integram a EA com os conceitos e efeitos dos MPs em particular e, os poucos encontrados, referem-se particularmente ao meio marinho, como os trabalhos realizados por Hartley et al. (2015) e Hidalgo-Ruz e Thiel (2013) por exemplo. Desta forma, é verificada a necessidade do desenvolvimento de mais atividades de EA sobre a temática (como a desenvolvida neste trabalho) para a disseminação da problemática em geral, ocasionada pelos MPs em diferentes ecossistemas, salientando principalmente a sua possível origem em terra e dispersão através de outros compartimentos dulçaquícolas.

Através da preparação da atividade experimental, foi possível demonstrar a ocorrência de MPs no solo e na água do Rio Sousa, de uma forma simples e de fácil compreensão. A pesquisa realizada também demonstrou que a influência das atividades antropogênicas é um fator determinante para a qualidade do solo e da água, e que as práticas agrícolas podem provocar uma maior disponibilidade de MPs nas amostras provenientes das áreas em questão, como também já observado por Steinmetz et al. (2016). Os resultados obtidos poderão ainda servir de referência para estudos futuros, sejam eles em EA ou até mesmo para estimular a quantificação de partículas MPs em solos com diferentes usos.

Relativamente às respostas orais apresentadas, foi possível observar que a maioria dos estudantes não estavam sensibilizados sobre o assunto. Na explicação inicial, ao serem questionados sobre a definição/conceito dos MPs, alguns referiram se tratar de “um pequeno pedaço de plástico” por dedução do nome, porém, não sabendo ao certo a definição e os problemas que os mesmos poderiam acarretar ao ambiente em geral. Os estudantes do 8º ano foram os que expressaram um grau mais elevado de conhecimento, alegando ter informação sobre a problemática através de notícias compartilhadas nas redes sociais ou pela mídia. Assim sendo, verifica-se a necessidade do desenvolvimento de atividades de EA nas escolas, onde os estudantes sejam motivados a refletir sobre os principais problemas ambientais contemporâneos.

As primeiras respostas elaboradas, após a atividade inicial de recolha de RPs nas margens da Ribeira do Arquinho, demonstraram que os estudantes ainda não haviam compreendido a ligação do descarte de RPs em terra com o transporte para os oceanos, sendo necessário, reforçar esta informação como explicação e conclusão final feita com os com os mesmos, no final da atividade. Sendo assim, seria de suma importância

complementar esta atividade com uma outra atividade sobre a presença de RPs e MPs em solos, estuários, regiões costeiras, entre outros ambientes.

Já pelas respostas apresentadas nas fichas de atividades e, com a finalização das atividades de campo e laboratorial, primeiramente pôde-se concluir que os estudantes ficaram demasiadamente impressionados com os efeitos na biota, demonstrando grande preocupação com esse fato e, conseqüentemente, sendo esse o aspeto mais referido nas respostas. Outro aspecto que também foi muito assinalado pelos estudantes foi o fato dos MPs estarem presentes em outros ambientes nomeadamente dulçaquícolas, e não somente nos oceanos, demonstrando que a contextualização sobre o tema foi compreendida.

Desta forma, o presente trabalho alcançou os objetivos propostos ao contribuir, através da atividade de EA e das futuras exposição temática e conferência, para a ampliação do entendimento do conceito e presença dos RP e MPs no meio ambiente pela da sociedade em geral, e pelos estudantes em particular. Deste modo a EA terá sido eficaz, ao gerar uma sensibilização compreendida em diferentes grupos da sociedade. Foi possível também promover uma melhor reflexão e compreensão de aspectos como destino, a origem e efeitos que os MPs acarretam nos organismos e nos ecossistemas, tanto pelos estudantes que participaram das atividades de EA na Quercus, quanto pelos estudantes que realizaram o desenvolvimento gráfico da exposição. Espera-se também, com a exposição e com a conferência sobre os MPs, gerar um aumento na conscientização em diferentes grupos da sociedade, já que as mesmas serão abertas para o público em geral.

A ação de EA desenvolvida neste trabalho pode ser considerada adequada, sendo importante sua divulgação e reaplicação das atividades em mais escolas do ensino básico, podendo futuramente consolidar os resultados encontrados e averiguar a quantidade de RPs e MPs nos locais (Rio Sousa e Ribeira do Arquinho). Para estudantes de faixas etárias superiores, o desenvolvimento de atividades de EA integradas com amostragens de solo também podem ser adotadas no âmbito dos RPs e MPs. Por fim, sugere-se que seja realizada em paralelo, uma caracterização dos solos e dos cursos dulçaquícolas referenciados neste trabalho, tornando desta forma a problemática ainda mais evidente para os decisores políticos, levando-os à elaboração de medidas mais restritivas, no que se concerne à gestão dos RPs, e estratégias mitigadoras que permitam a redução de poluentes nas localidades em questão.

Referências

- ADER – SOUSA. Associação do Desenvolvimento Rural das Terras dos Sousa. **Valorização do Património Natural das Terras do Sousa – Relatório Final Ano I**. 2008. Disponível em: <http://www.adersousa.pt/estudo_-_rio_sousa.html>. Acedido em 27 jul. 2017.
- AGENDA 21. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados** – Brasil. 1995. Disponível em: <<http://bd.camara.gov.br>>. Acedido em 14 jun. 2017.
- ALOMAR C.; DEUDERO, S. Evidence of microplastic ingestion in the shark *Galeus melastomus* Rafinesque, 1810 in the continental shelf off the western Mediterranean Sea. **Environmental Pollution**, v. 223, p. 223-229, jan. 2017.
- ALOMAR, C.; SUREDA, A.; CAPÓ, X.; GUIJARRO, B.; TEJADA, S.; DEUDERO, S. Microplastic ingestion by *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 fish and its potential for causing oxidative stress. **Environmental Research**, v. 159, p. 135-142, nov. 2017.
- AMP – Área Metropolitana do Porto. **Redes de Parques Metropolitanos na Grande Área Metropolitana do Porto – Relatório Final**. Fev. 2009. Disponível em: <rios.amp.pt/sitios-amp/static/.../rios/SistemasEstruturantes-SOUSA-e-FERREIRA.pdf>. Acedido em 27 jul. 2017.
- ANDRADY, A. L. Microplastics in the marine environment. **Elsevier Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 8, p. 1596-1605, ago. 2011.
- ANDRADY, A. L.; NEAL, M. A. Applications and societal benefits of plastics in the marine environment. **Philosophical Transactions of the Royal Society B**, v. 364, n. 1526, p. 1977-1984, jul. 2009.
- AR – Assembleia da República. Decreto Lei n.º 66/1998 de 14 de outubro. **Diário da República** n.º 237/1998 – I série A. Ministério dos Negócios Estrangeiros. Lisboa.
- BACCI, D. L. C.; PATACA, E. M. Educação para a Água. **Revista Estudos Avançados**, USP. v. 22, p. 211-226, abr. 2008.
- BALLENT, A.; CORCORAN, P. L.; MADDEN, O.; HELM, P. A.; LONGSTAFFE, F. J. Sources and sinks of microplastics in Canadian Lake Ontario nearshore, tributary and beach sediments. **Marine pollution bulletin**, v. 110, n. 1, p. 383-395, set. 2016.
- BAYER, I. S.; GUZMAN-PUYOL, S.; HEREDIA-GUERRERO, J. A.; CESERACCIU, L.; PIGNATELLI, F.; RUFFILLI, L.; CINGOLANI, R.; ATHANASSIOU, A. Direct transformation of edible vegetable waste into bioplastics. **Macromolecules**, v. 47, n. 15, p. 5135-5143, jul. 2014.
- BERGMANN, M.; GUTOW, L.; KLAGES, M. Marine Anthropogenic Litter. **Springer International Publishing**, 2015, p. 189-191.
- BESCOROVAINE, W. F.; SILVA, G. A.; SILVA, J. R.; MILANI, L. H. P.; MILANI, R. G. Comportamento pró-ambiental e descarte de resíduos sólidos por estudantes de arquitetura: apontamentos para a educação ambiental. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 2, p. 105-115, dez. 2016.
- BOLTON, T. F.; HAVENHAND, J. N. Physiological versus viscosity-induced effects of an acute reduction in water temperature on microsphere ingestion by trochophore larvae of the

serpulid polychaete *Galeolaria caespitosa*. **Journal of Plankton Research**, v. 20, n. 11, p. 2153-2164, 1998.

BRILLANT, M.; MACDONALD, B. Postingestive selection in the sea scallop (*Placopecten magellanicus*) on the basis of chemical properties of particles. **Marine Biology**, v. 141, n. 3, p. 457-465, set. 2002.

BROWNE, M.A.; GALLOWAY, T.; THOMPSON, R., 2007. Microplastic – an emerging contaminant of potential concern? **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 3, n. 4, p. 559–566, 2007.

BROWNE, M. A.; DISSANAYAKE, A.; GALLOWAY, T. S.; LOWE, D. M.; THOMPSON, R. C. Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). **Environmental Science & Technology**, v. 42, p. 5026-5031, mai. 2008.

CARSON, H. S. The incidence of plastic ingestion by fishes: From the prey's perspective. **Elsevier Marine Pollution Bulletin**, v. 74, n. 1, p. 170-174, set. 2013.

CLAESSENS, M.; DE MEESTER, S.; LANDUYT, L. V.; DE CLERK, K.; JANSSEN, C. R. Occurrence and distribution of microplastic in marine sediments along the Belgian coast. **Elsevier Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 10, p. 2199-2204, out. 2011.

COLE, M.; LINDEQUE, P.; HALSBAND, C.; GALLOWAY, T. S. Microplastics as contaminants in the marine environment: a review. **Elsevier Marine Pollution Bulletin**, v. 62, n. 12, p. 2588-2597, dez 2011.

CORBIN, C.J.; SINGH, J.G. Marine debris contamination of beaches in St. Lucia and Dominica. **Marine Pollution Bulletin**, v. 26, n. 6, p. 325-328, jun. 1993.

CORREIA, R. P. L. **Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos e Perspetiva de Melhoria Caso de Estudo Assomada – Cabo Verde**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Ambiente) – Instituto Superior de Agronomia – Universidade Técnica de Lisboa.

COSTA, M. F.; DO SUL, J. A. I.; SILVA-CAVALCANTI, J. S.; ARAÚJO, M. C. B.; SPENGLER, A.; TOURINHO, P. S. On the importance of size of plastic fragments and pellets on the strandline: a snapshot of a Brazilian beach. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 168, n. 1-4, p. 299-304, set. 2010.

CRAWFORD, E. O.; LUKE, N.; VAN PELT, W. Children as "solutionaries": environmental education as an opportunity to take action. **International Journal of Early Childhood Environmental Education**, v. 3, n. 1, p. 54-71, set. 2015.

DAMERELL, P.; HOWE, C.; MILNER-GULLAND, E. J. Child-orientated environmental education influences adult knowledge and household behaviour. **Environmental Research Letters**, v. 8, n. 1, p. 015016, fev. 2013.

DECLARAÇÃO DE TBILISI. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. **FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente** – Brasil. Disponível em: <<http://www.feam.br>>. Acedido em 26 jul. 2017.

DEPARTAMENTO DE AMBIENTE E QUALIDADE DE VIDA – CÂMARA MUNICIPAL DA MAIA. **Quinta da Gruta**. 2005. Disponível em: <<http://www.quintadagruta.cm-maia.pt/>>. Acedido em 02 ago. 2017.

DERRAIK, J. G. B. The pollution of the marine environment by plastic debris: a review. **Elsevier Marine pollution bulletin**, v. 44, n. 9, p. 842–52, set. 2002.

DIAS, G. F. Educação Ambiental: Princípios e Práticas. 3ª ed. **Editora Gaia**, São Paulo 1992.

EMADIAN, S. M.; ONAY, T. T.; DEMIREL, B. Biodegradation of bioplastics in natural environments. **Waste Management**, n. 59, p. 526-536, out. 2016.

FENDALL, L. S.; SEWELL, M. A. Contributing to marine pollution by washing your face: Microplastics in facial cleansers. **Elsevier Marine Pollution Bulletin**, v. 58, n. 8, p. 1225–1228, ago. 2009.

GALGANI, F.; SOUPLET, A.; CADIOU, Y. Accumulation of debris on the deep sea floor of the French Mediterranean Coast. **Marine Ecology Progress Series**, v. 142, p. 225-234, out. 1996.

GALGANI, F.; BURGEOT, T.; BOCQUENE, G.; VINCENT, F.; LEAUTE, J.P.; LABASTIE, J.; FOREST, A.; GUICHET, R. Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the Bay of Biscay and in Seine Bay. **Marine Pollution Bulletin**, v. 30, n. 1, p. 58-62, jan. 1995.

GALL, S. C.; THOMPSON, R. C. The impact of debris on marine life. **Marine pollution bulletin**, v. 92, n. 1, p. 170-179, fev. 2015.

GALLAGHER, A.; REES, A.; ROWE, R.; STEVENS, J.; WRIGHT, P. Microplastics in the Solent estuarine complex, UK: An initial assessment. **Elsevier Marine Pollution Bulletin**, n. 102, p. 243–249, abr. 2015.

GARRITY, S.D.; LEVINGS, S.C. Marine debris along the Caribbean coast of Panama. **Marine Pollution Bulletin**, v. 26, n. 6, p. 317-324, jun. 1993

GILLIGAN, M.R.; RANDAL, S.P., RICHARDSON, J.P.; KOZEL, T.R. Rates of accumulation of marine debris in Chatham County, Georgia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 24, n. 9, p. 436-441, set. 1992.

GONÇALVES, F.; PEREIRA, R.; AZEITEIRO, U. M. M.; PEREIRA, M. J. V. **Actividades Práticas em Ciência e Educação Ambiental**. 1ª ed. Lisboa: Editora do Instituto Piaget, 2007.

GRADUS, R. H. J. M.; NILLESEN, P. H. L.; DIJKGRAAF, E.; KOPPEN, R. J. V. A Cost-effectiveness Analysis for Incineration or Recycling of Dutch Household Plastic Waste. **Elsevier Ecological Economics**, v. 135, p. 22-28, mai. 2017.

GRAHAM, E. R.; THOMPSON, J. T. Deposit- and suspension-feeding sea cucumbers (Echinodermata) ingest plastic fragments. **Elsevier Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, v. 368, n. 1, p. 22-29, jan. 2009.

GREGORY, M. R. Environmental implications of plastic debris in marine settings-entanglement, ingestion, smothering, hangers-on, hitch-hiking and alien invasions. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2013–2025, jul. 2009.

GREGORY, M. R.; RYAN, P.G. Pelagic plastics and other seaborne persistent synthetic debris: a review of Southern Hemisphere perspectives. In Coe, J.M., Rogers, D.B. (Eds.), Marine debris - sources, impacts and solutions. **Springer- Verlag, New York**, p. 49-66, jan. 1997.

GORYCKA, M. Environmental risks of microplastics. **Stichting De Noordzee. Vrije Universiteit Amsterdam**, p. 8, jul. 2009.

GUERREIRO, M. L. F. B. **Dessalinização para Produção de Água Potável**. Perspectivas para Portugal. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, Porto.

GUIMARÃES, A.; RODRIGUES, A. S. L.; MALAFAIA, G. Rapid assessment protocols of rivers as instruments of environmental education in elementary schools. **Revista Ambiente & Água**, v. 12, n. 5, p. 801-813, set. 2017.

HADAD, D.; GERESH, S.; SIVAN, A. Biodegradation of polyethylene by the thermophilic bacterium *Brevibacillus borstelensis*. **Journal of applied microbiology**, v. 98, n. 5, p. 1093-1100, mai. 2005.

HAMMER, C.; VANBROCKLIN, H. Microplastic bioaccumulation in invertebrates, fish and cormorants in Lake Champlain. **Center for Earth and Environmental Science Student Posters**. Book 25, jan. 2016.

HART, M. W. Particle captures and the method of suspension feeding by *Echinoderm larvae*. **The Biological Bulletin**, v. 180, p. 12-27, fev. 1991.

HARTLEY, B. L.; THOMPSON, R. C.; PAHL, S. Marine litter education boosts children's understanding and self-reported actions. **Marine Pollution Bulletin**, v. 390, n. 1-2, p. 209-217, jan. 2015.

HESS, N.A.; RIBIC, C.A.; VINING, I. Benthic marine debris, with an emphasis on fishery-related items, surrounding Kodiak Island, Alaska, 1994-1996. **Marine Pollution Bulletin**, v. 38, n. 10, p. 885-890, out. 1999.

HIDALGO-RUZ, V.; THIEL, M. Distribution and abundance of small plastic debris on beaches in the SE Pacific (Chile): A study supported by a citizen science project. **Marine environmental research**, v. 87, p. 12-18, jul. 2013.

HUETING, R.; REIJNDERS, L. Sustainability is an objective concept. **Ecological Economics**, v. 27, n. 2, p. 139-147, nov 1998.

JAMBECK, J. R.; GEYER, R.; WILCOX, C.; SIEGLER, T. R.; PERRYMAN, M.; ANDRADY, A.; NARAYAN, R.; LAW, K. L. Plastic waste inputs from land into the ocean. **Science**, v. 347, n. 6223, p. 768-771, fev. 2015.

KALE, S. K.; DESHMUKH, A. G.; DUDHARE, M. S.; PATIL, V. B. Microbial degradation of plastic: a review. **Journal of Biochemical Technology**, v. 6, n. 1, p. 952-961, dez. 2015.

KHANNA, S.; SRIVASTAVA, A. K. Recent advances in microbial polyhydroxyalkanoates. **Process Biochemistry**, v. 40, n. 2, p. 607-619, fev. 2005.

KANEHIRO, H.; TOKAI, T.; MATUDA, K. Marine litter composition and distribution on the seabed of Tokyo Bay. **Fisheries Engineering**, v. 31, n. 3, p. 195-199, 1995.

KARP, D. G. Values and their Effect on Pro-Environmental Behavior. **Environment and Behavior**, v. 28, p. 111-133, jan. 1996.

KOTZ, J. C.; TREICHEL, P. M.; TOWNSEND, J. R.; WEAVER, G. C. **Química Geral e Reações Químicas**. 6ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012. p. 449-455.

KRUEGER, M.C.; HARMS, H.; SCHLOSSER, D. Prospects for microbiological solutions to environmental pollution with plastics. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 99, p. 8857-8874, ago. 2015.

KRUEGER, M.C.; HOFMANN, U.; MOEDER, M.; SCHLOSSER, D. Potential of Wood-Rotting Fungi to Attack Polystyrene Sulfonate and Its Depolymerisation by *Gloeophyllum trabeum* via Hydroquinone-Driven Fenton Chemistry. **PLoS ONE**, n. 10, v. 7, jul. 2015.

LAIST, D.W. Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 18, n. 6, p. 319-326, jun. 1987.

LARA-DOMINGUEZ, A.L.; VILLALOBOS-ZAPATA, G.J.; RIVERA-ARRIAGA, E.; VERA-HERRERA, F.; ALVAREZ-GUILLEN, H. Source of solid garbage in Campeche beaches, Mexico. **Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural**, v. 45, p. 133-142, abr. 1995.

LEBRETON, L. C.; VAN DER ZWET, J.; DAMSTEEG, J. W.; SLAT, B.; ANDRADY, A.; REISSER, J. River plastic emissions to the world's oceans. **Nature Communications**, v. 8, p. 15611, jun. 2017.

LEITÃO, A. Economia circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Portuguese Journal of Finance, Management and Accounting**, n. 2, v. 1, p. 2183-3826, set. 2015.

LESLIE, H. A.; BRANDSMA, S. H.; VAN VELZEN, M. J. M.; VETHAAK, A. D. Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. **Environment International**, v. 101, p. 133-142, abr. 2017.

LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. **Biologia**. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2008. p.457-458.

LWANGA, E. H.; GERTSEN, H.; GOOREN, H.; PETERS, P.; SALÁNKI, T.; VAN DER PLOEG, M.; BESSELING, E.; KOELMANS, A. A.; GEISSEN, V. Incorporation of microplastics from litter into burrows of *Lumbricus terrestris*. **Environmental Pollution**, v. 220, p. 523-531, out. 2016.

MANI, T.; HAUKE, A.; WALTER, U.; BURKHARDT-HOLM, P. Microplastics profile along the Rhine River. **Scientific reports**, v. 5, p. 17988, dez. 2015.

MARCATTO, C. Educação ambiental: conceitos e princípios. 1ª ed. **Editora Sigma Ltda**, 2002. p. 24-30.

MARINICHEV, M. B.; MARSHALKA A. Y. Geotechnical problems with recultivation of domestic-waste landfills. **Soil Mechanics and Foundation Engineering**, vol. 49, n. 5, nov. 2012.

MASON, S. A.; GARNEAU, D.; SUTTON, R.; CHU, Y.; EHMANN, K.; BARNES, J.; FINK, P.; PAPAZISSIMOS, D.; ROGERS, D. L. Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. **Elsevier Environmental Pollution**, v. 208, p. 1045-1054, nov. 2016.

MASURA, J.; BAKER, J.; FOSTER, G.; ARTHUR, C. Laboratory methods for the analysis of microplastics in the marine environment: recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments. **NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48**, p. 13-19, jul. 2015.

MOORE, C. J. Synthetic polymers in the marine environment: a rapidly increasing, lon-term threat. **Elsevier Environmental Research**, v. 108, n. 2, p. 131-139, out. 2008.

MUENMEE, S.; CHIEMCHAI SRI, W.; CHIEMCHAI SRI, C. Enhancement of biodegradation of plastic wastes via methane oxidation in semi-aerobic landfill. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 113, p. 244-255, mar. 2016

MULDER, K. F. Sustainable consumption and production of plastics? **Technological Forecasting and Social Change**, v. 58, p. 105-124, jun. 1998.

NIZZETTO, L.; FUTTER, M.; LANGAAS, S. Are Agricultural Soils Dumps for Microplastics of Urban Origin? **Environmental Science & Technology**, v. 50, n. 20 p. 10777–10779, set. 2016.

OEHLMANN, J.; SCHULTE-OEHLMANN, U.; KLOAS, W.; JAGNYTSCH, O.; LUTZ, I.; KUSK, K.O.; WOLLENBERGER, L.; SANTOS, E.M.; PAULL, G.C.; VAN LOOK, K.J.W.; TYLER, C.R. A critical analysis of the biological impacts of plasticizers on wildlife. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 2047–2062, jun 2009.

PAÇO, A.; DUARTE, K.; COSTA, J. P.; SANTOS, P. S. M.; PEREIRA, R.; PEREIRA, M. E.; FREITAS, A. C.; DUARTE, A. C.; SANTOS, T. A. P. R. Biodegradation of polyethylene microplastics by the marine fungus *Zalerion maritimum*. **Science of The Total Environment**, v. 586, p. 10-15, mai. 2017.

PEREIRA, R.; GONÇALVES, F.; AZEITEIRO, U. **Actividades Práticas em Ciência e Educação Ambiental - II**. 1ª ed. Lisboa: Editora do Instituto Piaget, 2016.

PLASTICSEUROPE, 2016. **Association of Plastics Manufactures**. Desenvolvido por: IDWEAVER Web Agency, 2016. Disponível em: <<http://www.plasticseurope.org/plastics-industry/plasticseurope.aspx>>. Acedido em 30 mai. 2017.

QUERCUS. **Associação Nacional de Conservação da Natureza**. 2017. Disponível em: <<http://www.quercus.pt/>>, 2017. Acedido em 01 ago. 2017.

REDDY, C. S. K.; RASHMI, R. G.; KALIA, V. C. Polyhydroxyalkanoates: an overview. **Bioresource technology**, v. 87, n. 2, p. 137-146, abr. 2003.

RILLING, M. C. Microplastics in terrestrial ecosystems and the soil. **Environmental Science & Technology**, v. 46, p. 6453–6454, mai. 2012.

RIOS, L. M.; JONES, P. R.; MOORE, C.; NARAYAN, U. V. Quantitation of persistent organic pollutants adsorbed on plastic debris from the Northern Pacific Gyre's "eastern garbage patch". **Journal of Environmental Monitoring**, v. 12, n. 12, p. 2226-2236, nov. 2010.

RIST, S.; BAUN, A.; HARTMANN, N. B. Ingestion of micro-and nanoplastics in *Daphnia magna* – Quantification of body burdens and assessment of feeding rates and reproduction. **Environmental Pollution**, v. 228, p. 398-407, mai. 2017.

ROCHMAN, C. M.; KUROBE, T.; FLORES, I.; THE, S. J. Early warning signs of endocrine disruption in adult fish from the ingestion of polyethylene with and without sorbed chemical pollutants from the marine environment. **Elsevier Science of the Total Environment**, v. 493, p. 656-661, set. 2014.

RODRÍGUEZ-SEIJO, A.; PEREIRA, R. Chapter 3 -Morphological and Physical Characterization of Microplastics. **Comprehensive Analytical Chemistry**, v. 75, p. 49-66, 2017.

RODRÍGUEZ-SEIJO, A.; LOURENÇO, J.; ROCHA-SANTOS, T. A. P.; DA COSTA, J.; DUARTE, A. C.; VALA, H.; PEREIRA, R. Histopathological and molecular effects of microplastics in *Eisenia andrei* Bouché. **Environmental Pollution**, v. 220, p. 495-503, jan. 2017.

ROEX, E.; VETHAAK, D.; LESLIE H.; DE KREUK, M. Potential risk of microplastics in the fresh water environment. **STOWA**. 2013.

ROSS, S.S.; PARKER, R.; STRICKLAND, M. A survey of shoreline litter in Halifax Harbour 1989. **Marine Pollution Bulletin**, v. 22, n. 5, p. 245-248, mai. 1991.

RUSSO, M. A. T. **Tratamento de Resíduos Sólidos**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

RYAN, P. G.; MOORE, C. J.; VAN FRANEKER, J. A.; MOLONEY, C. L. Monitoring the abundance of plastic debris in the marine environment. **Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 364, n. 1526, p. 1999–2012, jul. 2009.

SANCHEZ, W.; BENDER, C.; PORCHER, J. M. Wild gudgeons (*Gobio gobio*) from French rivers are contaminated by microplastics: preliminary study and first evidence. **Environmental research**, v. 128, p. 98-100, jan. 2014.

SETÄLÄ, O.; NORKKO, J.; LEHTINIEMI, M. Feeding type affects microplastic ingestion in a coastal invertebrate community. **Marine pollution bulletin**, v. 102, n. 1, p. 95-101, jan. 2016.

SINHA, S.; CHATTOPADHYAY, P.; PAN, I.; CHATTERJEE, S.; CHANDA, P.; BANDYOPADHYAY, D.; DAS, K.; SEM, S. K. Microbial transformation of xenobiotics for environmental bioremediation. **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 22, p. 6016-6027, nov. 2009.

SIVAN, A. New perspectives in plastic biodegradation. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 22, p. 422-426, fev. 2011.

SMITH, P.; TOOKER, J. Marine debris on New Zealand coastal beaches: a Greenpeace survey Adopt-a-Beach Campaign. **Greenpeace, Auckland**. 1990. Disponível em: <<http://trove.nla.gov.au/work/19961923>>. Acedido em 03 jun. 2017.

STEFATOS, A.; CHARALAMPAKIS, M.; PAPATHEODOROU, G.; FERENTINOS, G. Marine debris on the seafloor of the Mediterranean Sea: examples from two enclosed gulfs in Western Greece. **Marine Pollution Bulletin**, v. 36, n. 5, p. 389-393, mai. 1999.

STEINMETZ, Z.; WOLLMANN, C.; SCHAEFER, M.; BUCHMANN, C.; DAVID, J.; TRÖGER, J.; MUÑOZ, K.; FRÖR, O.; SCHAUMANN, G. E. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? **Science of the Total Environment**, v. 550, p. 690-705, abr. 2016.

TALVITIE, J.; HEINONEN, M. HELCOM 2014, BASE project 2012-2014: Preliminary study on synthetic microfibers and particles at a municipal waste water treatment plant. **Helsinki Region Environmental Services HSY**, 2014.

TENTH GENERAL ASSEMBLY. **IUNC – Publications new series**, v. 2, n. 27. 1970.

THOMPSON, R. C.; OLSEN, Y.; MITCHELL, R. P.; DAVIS, A.; ROWLAND, S. J.; JOHN, A. W. G.; MCGONIGLE, D.; RUSSELL, A. E. Lost at sea: where is all the plastic? **Science**, v. 34, p. 838, mai. 2004.

UNEP (2015). Recycling rates of metals - A status report. **United Nations Environmental Program**, Nairobi.

UNEP (2016). Marine plastic debris and microplastics – Global lessons and research to inspire action and guide policy change. **United Nations Environment Programme**, Nairobi.

- VAN CAUWENBERGHE, L.; CLAESSENS, M.; VANDEGEHUCHTE, M. B.; JANSSEN, C. R. Microplastics are taken up by mussels (*Mytilus edulis*) and lugworms (*Arenicola marina*) living in natural habitats. **Environmental Pollution**, v. 199, p. 10-17, abr. 2015.
- VAN CAUWENBERGHE, L.; JANSSEN, C. R. Microplastics in bivalves cultured for human consumption. **Environmental Pollution**, v. 193, p. 65-70, 2014, jul. 2014
- VAUK, G.J.M.; SCHREY, E. Litter pollution from ships in the German Bight. **Marine Pollution Bulletin**, v. 18, n. 6, p. 316-319, jun. 1987.
- VAVERKOVÁ, M. D.; ADAMCOVÁ, D. Biodegradability of bioplastic materials in a controlled composting environment. **Journal of Ecological Engineering**, v. 16, n. 3, jul. 2015.
- WAGNER, M.; SCHERER, C.; ALVAREZ-MUÑOZ, D.; BRENNHOLT, N.; BOURRAIN, X.; BUCHINGER, S.; FRIES, E.; GROBOIS, C.; KLASMEIER, J.; MARTI, T.; RODRIGUEZ-MOZAZ, S.; URBATZKA, R.; VETHAAK, A. D.; WINTHER-NIELSEN, M.; REIFFERSCHIED, G. Microplastics in freshwater ecosystems: what we know and what we need to know. **Environmental Sciences Europe**, v. 26, n. 12, p. 1-9, jul. 2014.
- WHITING, S.D.; Types and sources of marine debris in Fog Bay, Northern Australia. **Marine Pollution Bulletin**, v. 36, n. 11. p. 904-910, nov. 1998.
- WILLIAMS, A.T.; TUDOR, D.T. Litter burial and exhumation: spatial and temporal distribution on a cobble pocket beach. **Marine Pollution Bulletin**, v. 42, n. 11, p. 1031-1039, nov. 2001.
- WILSON, D. S. Food size selection among copepods. **Ecology Society of America**, v. 54, n. 4, p. 909-914, jul. 1973.
- WÓJCIK-FUDALEWSKA, D.; NORMANT-SAREMBA, M.; ANASTÁCIO, P. Occurrence of plastic debris in the stomach of the invasive crab *Eriocheir sinensis*. **Marine pollution bulletin**, v. 113, n. 1, p. 306-311, out. 2016.
- WOODALL, L. C.; SANCHEZ-VIDAL, A.; CANALS, M., PATERSON; G. L. J., COPPOCK; R., SLEIGHT, V.; CALAFAT, A.; ROGERS, A. D.; NARAYANASWAMY, B. E.; THOMPSON, R. C. The deep sea is a major sink for microplastic debris. **Royal Society Open Science**, v. 1, n. 140317, set. 2014.
- YARADODDI, J.; PATIL, V.; GANACHARI, S.; BANAPURMATH, N.; HUNASHYAL, A.; SHETTAR, A. Biodegradable plastic production from fruit waste material and its sustainable use for green applications. **International Journal of Pharmaceutical Research & Allied Sciences**, v. 5, n. 4, p. 56-66, nov. 2016.
- ZETTLER, E. R.; MINCER, T. J.; AMARAL-ZETTLER, L. A. Life in the microbial communities on plastic marine debris. **Environmental Science & Technology**, v. 47, p. 7137-7146, jun. 2013.
- ZHAO S.; ZHU, L.; WANG, T.; LI, D. Suspended microplastics in the surface water of the Yangtze Estuary System, China: First observations on occurrence. **Elsevier Marine Pollution Bulletin**, n. 86, p. 562-568, jul. 2014.

Anexos

Anexo I – Ficha de apresentação da atividade de EA para a Quercus.



Tema/ Título: Microplásticos: pequenos vilões, grandes problemas

Público-alvo: Ensino básico 1º e 2º Ciclos (4º ao 6º ano)

Dia/ Período: Segundas-feiras, 14h

Duração: aproximadamente 2h

Local: Sede da Quercus na Quinta da Gruta e Rio Leça

Objetivos:

- Reconhecer a presença de plásticos de diferentes tamanhos nos rios, inferir sobre a sua origem e os potenciais impactes nos seres vivos e nos ambientes aquáticos.
- Refletir sobre a importância do consumo não abusivo, do descarte correto do material plástico e da conservação ambiental.
- Estimular a participação ativa futura na sensibilização da população em geral e a indução de senso crítico relativamente às ações de desrespeito pelo ambiente.

Materiais necessários: Luvas, filtro, copo graduado, lupas, caixas de Petri e pinças.

Desenvolvimento da atividade: No âmbito desta atividade os estudantes irão percorrer um pequeno troço das margens do rio Leça onde poderão identificar e recolher plásticos de maiores dimensões, facilmente identificáveis. Os estudantes terão como desafio encontrar resíduos plásticos de diferentes formas, tamanhos e cores. Posteriormente, irão proceder à recolha de amostras de água do rio para posterior análise à lupa, a fim de encontrar partículas de microplásticos (< 5 mm). No final da atividade os estudantes serão motivados a refletir sobre a origem dos microplásticos presentes na água, o destino dos mesmos e os possíveis efeitos nos seres vivos e nos ambientes aquáticos.

Anexo II – Ficha de atividades (EA) Quercus.



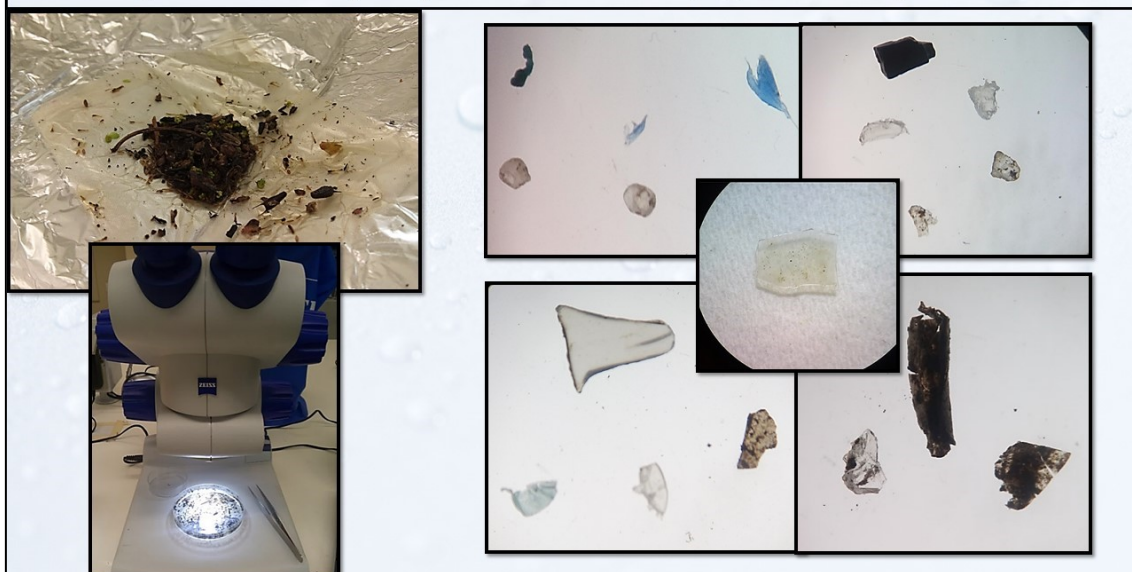
Nome: _____

Idade: _____

Escola: _____

Data: ____/____/____.

Microplásticos: pequenos vilões, grandes problemas.



O plástico é um material altamente resistente que, pode levar muitos anos para ser degradado no ambiente. Os resíduos plásticos sem tratamento adequado, quando descartados incorretamente, são acumulados e causam a poluição dos solos, rios e oceanos. Além dos problemas ocasionados pelos plásticos de grandes dimensões, como por exemplo a morte de muitos animais marinhos, existem ainda pequenos

pedaços de plástico, alguns microscópicos que resultam da sua fragmentação e degradação por ação de fatores como o calor. Estes fragmentos têm cores e formas variadas e quando são menores que 5mm, são designados por microplásticos. Os microplásticos também estão presentes em diferentes ambientes, como nos oceanos, rios e solos, onde são confundidos com alimentos pelos animais destes ambientes. Os microplásticos podem ainda, transportar poluentes à sua superfície e deste modo intoxicar os animais que deles se alimentam.

Problema:

Observa as margens da Ribeira do Arquinho.

Consegues, identificar resíduos plásticos descartados incorretamente nas suas margens? (assinala com um X a tua resposta).

Sim ____ Não ____ Não sei ____

Na tua opinião, como é que estes resíduos vieram parar a este local e qual será o seu destino final?

Escreve a tua resposta:

Atividade 1

Vamos realizar uma atividade de recolha dos lixos plásticos de grandes dimensões encontrados as margens da Ribeira do Arquinho e, assim contribuir para diminuir a poluição do local. Cada um de vós calça as luvas e traz um plástico consigo.

Descreve o que foi encontrado, a coloração e a quantidade:

- 1 . _____
- 2 . _____
- 3 . _____
- 4 . _____
- 5 . _____
- 6 . _____
- 7 . _____
- 8 . _____
- 9 . _____
- 10 . _____

Atividade 2

Será que existem microplásticos a serem transportados pelas águas da Ribeira do Arquinho?

Responde a esta questão no final da Atividade 3:

Vamos realizar uma atividade de recolha de amostras de água na Ribeira do Arquinho para analisar à lupa e identificar a possível presença de microplásticos. Antes de sairmos para a margem da ribeira, verifica se tens todos os materiais para a recolha assinalando com um X:

- ___ Luvas
- ___ Garrafa de plástico
- ___ Rede para filtrar
- ___ Copo graduado
- ___ Folha de alumínio

- 1) Chegaste às margens da ribeira, sempre em segurança, com a ajuda do copo graduado recolhe água e passa pelo filtro.
- 2) Repete o procedimento até filtrares 10 L de água.
- 3) Retira o filtro e guarda-o em papel de alumínio. E regressa ao laboratório para análise à lupa.

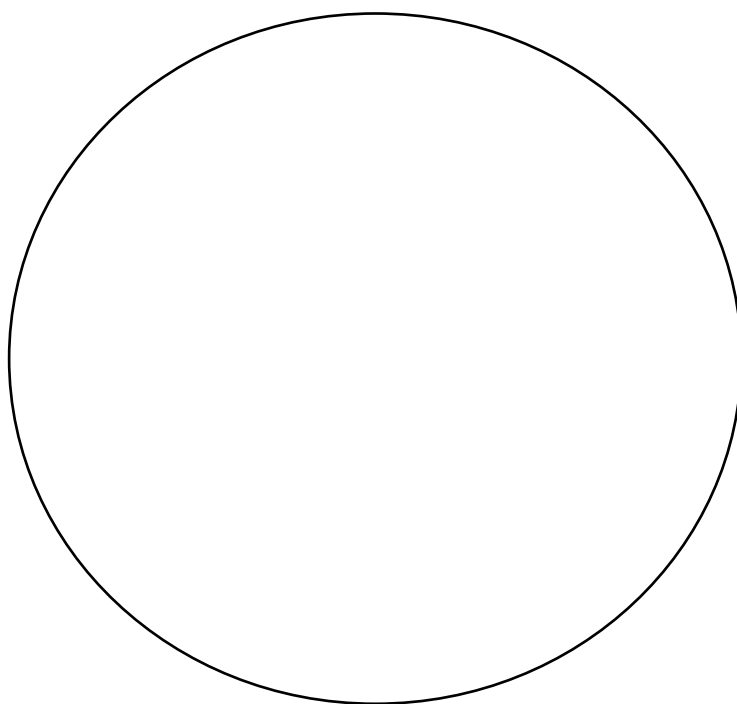
Atividade 3

Vamos realizar uma atividade de análise e identificação à lupa do material filtrado, para detetar possível presença dos microplásticos. Verificar se tens todos os materiais para a recolha assinalando com um X:

- ☐ Lupa
- ☐ Placa de Petri
- ☐ Esguicho com água destilada
- ☐ Pinça

- 1 . Retira o filtro da folha de alumínio com cuidado.
- 2 . Lava com o auxílio do esguicho o conteúdo para uma placa de Petri.
- 3 . Observa à lupa o material filtrado e verifica se há microplásticos.
- 4 . Retira os microplásticos com a pinça para outra placa de Petri.
- 5 . Desenha o que vês abaixo.

Placa de nº _____



Conclusão:

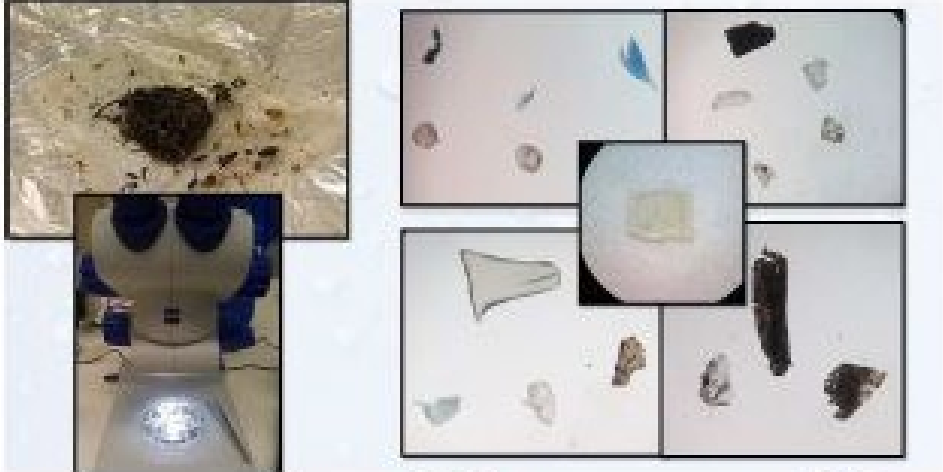
Esta atividade chegou ao fim!!! Escreve o que aprendeste com a atividade. Podes também discutir com os teus colegas as tuas conclusões. Não te esqueças de responder à questão que te colocámos em cima.

Microplásticos: pequenos vilões, grandes problemas.**Desafio:**

Escolhe em casa uma embalagem de plástico e antes de ser descartada para o lixo, transforma-o num outro produto, a fim de dar uma reutilização e novo uso ao que iria para o lixo (se cumprires o desafio, o teu feito poderá ser utilizado numa exposição temática em grandes centros comerciais). Com a ajuda dos teus pais, tira uma fotografia e coloca no nosso Facebook na página <https://www.facebook.com/events/1674199479547501/> ou no Evento “Consciencialização ambiental para os plásticos em Portugal”.

Anexo III – Aula introdutória apresentada nas atividades de EA.

MICROPLÁSTICOS: PEQUENOS VILÕES, GRANDES PROBLEMAS



The collage illustrates the presence of microplastics in nature and the methods used to study them. The top left shows a bird's nest contaminated with plastic. The bottom left shows a person using a microscope to examine a sample. The right side features a grid of various microplastic particles, including fibers, beads, and fragments.

Logos:

- U.PORTO FACULDADE DE CIÊNCIAS UNIVERSIDADE DO PORTO
- QUEFUS
- LabRisk

PLÁSTICOS NO AMBIENTE = POLUIÇÃO



Fonte: Deccan Chronicle

TRANSFORMAÇÃO DOS PLÁSTICOS GRANDES



DEGRADAÇÃO
(CALOR)

FRAGMENTAÇÃO

MICROPLÁSTICOS

Fonte: Biofabrika

MICROPLÁSTICOS: PEQUENOS VILÕES



Fonte: Fernando Guida

- ❖ Menores que 5mm;
- ❖ Podem adsorver contaminantes presentes na água ou no solo;
- ❖ Confundidos por animais como alimentos.

MICROPLÁSTICOS EM PEIXES



Fonte: EcoWatch.com

PLÁSTICOS E MICROPLÁSTICOS EM AVES



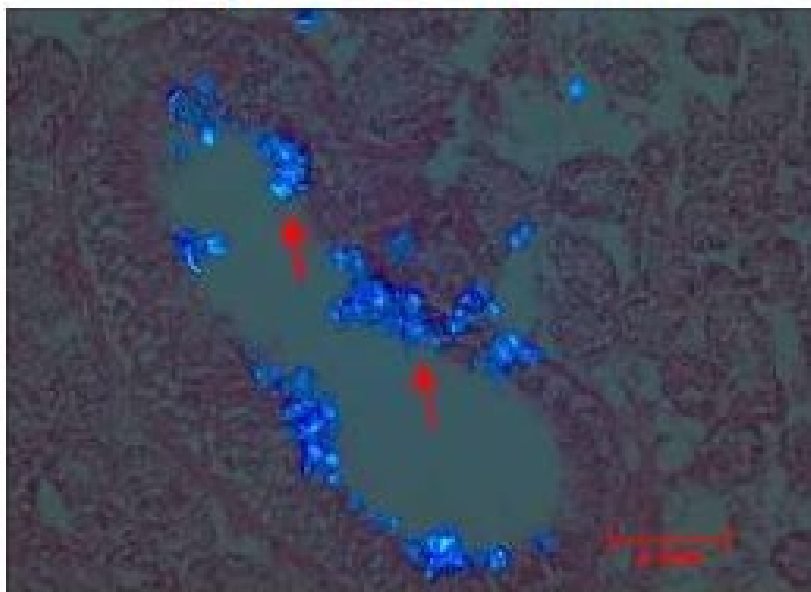
Fonte: Chris Jordan

PLÁSTICOS E MICROPLÁSTICOS EM RÉPTEIS



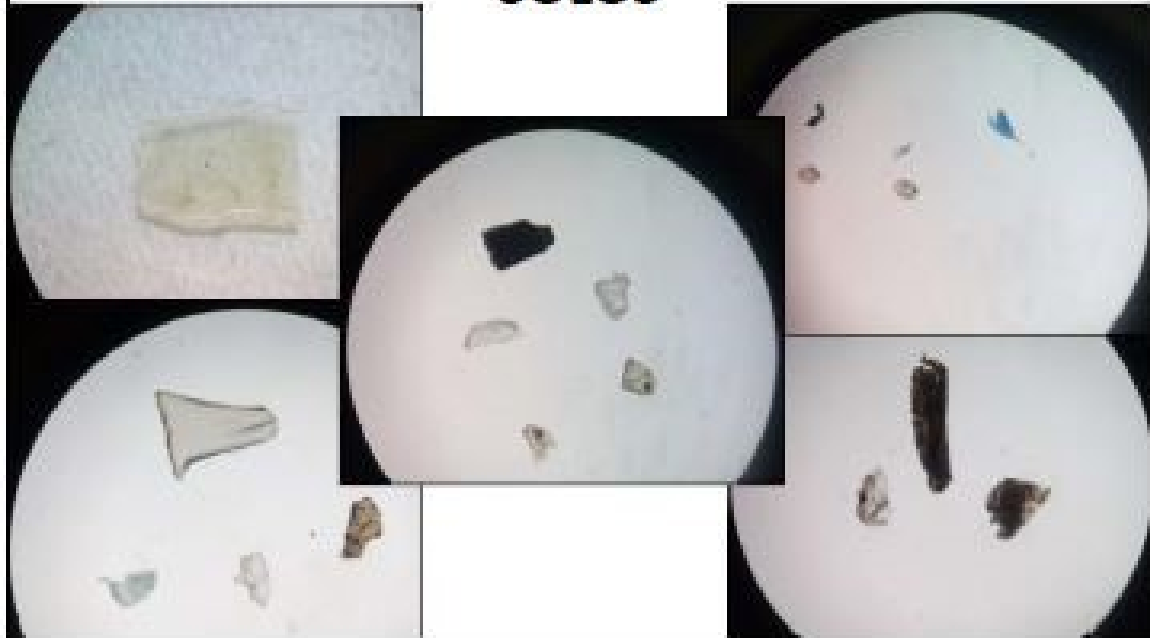
Fonte: Projeto TAMAR Brasil

MICROPLÁSTICOS EM CÉLULAS DE PEQUENOS ANIMAIS



Fonte: Environmental Science & Technology

PARA A ATIVIDADE: EXEMPLOS DE MICROPLÁSTICOS ENCONTRADOS EM RIOS E SOLOS

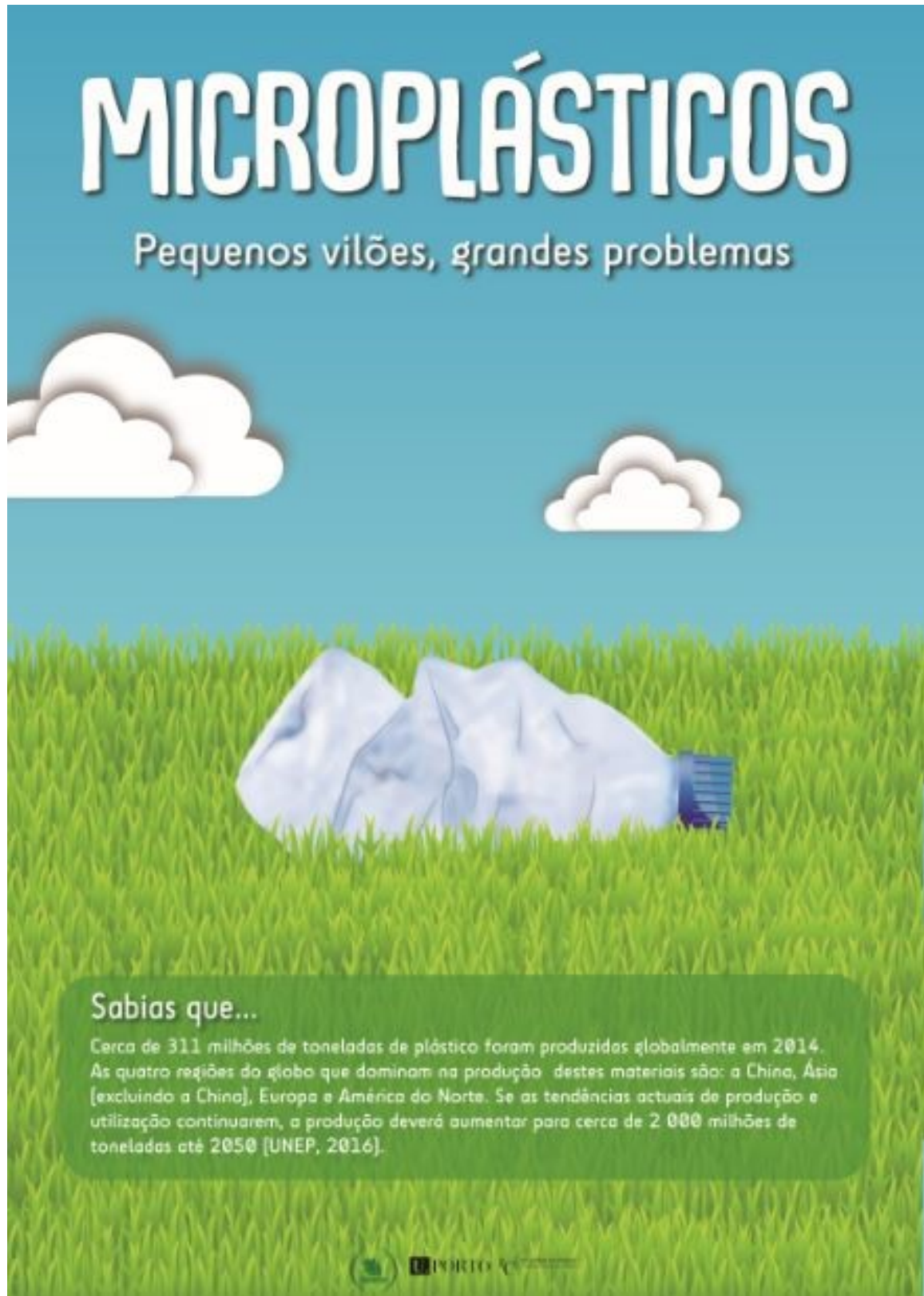


A PRESERVAÇÃO DO AMBIENTE É UM DEVER DE TODOS, SENDO MUITO IMPORTANTE PARA BENEFICIAR O HOMEM, OS ANIMAIS E A NATUREZA EM GERAL, BUSCANDO UM PLANETA MAIS LIMPO E SUSTENTÁVEL.

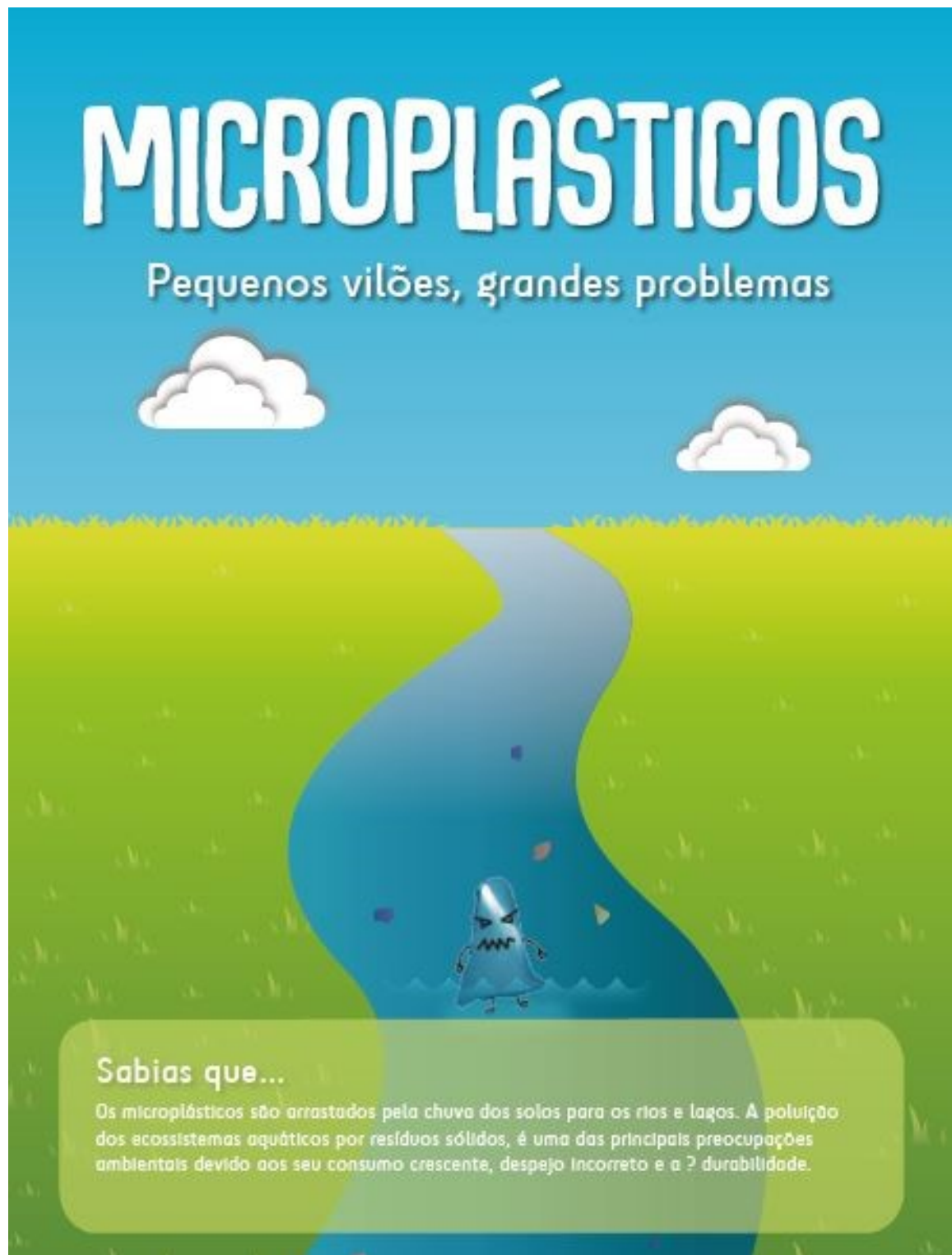


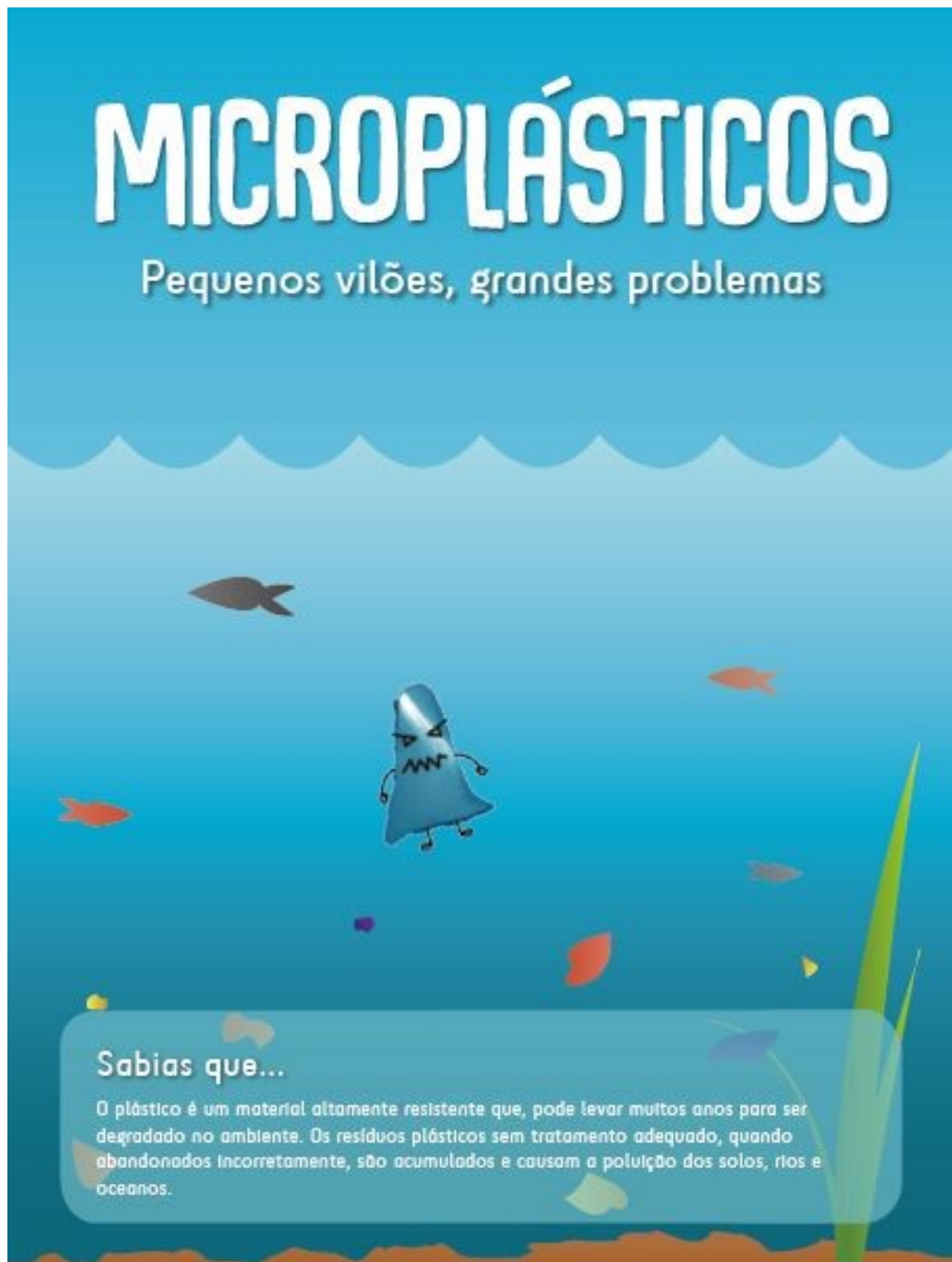
Anexo IV – Material confeccionado pelo Colégio – Cartazes (em ordem de exposição).

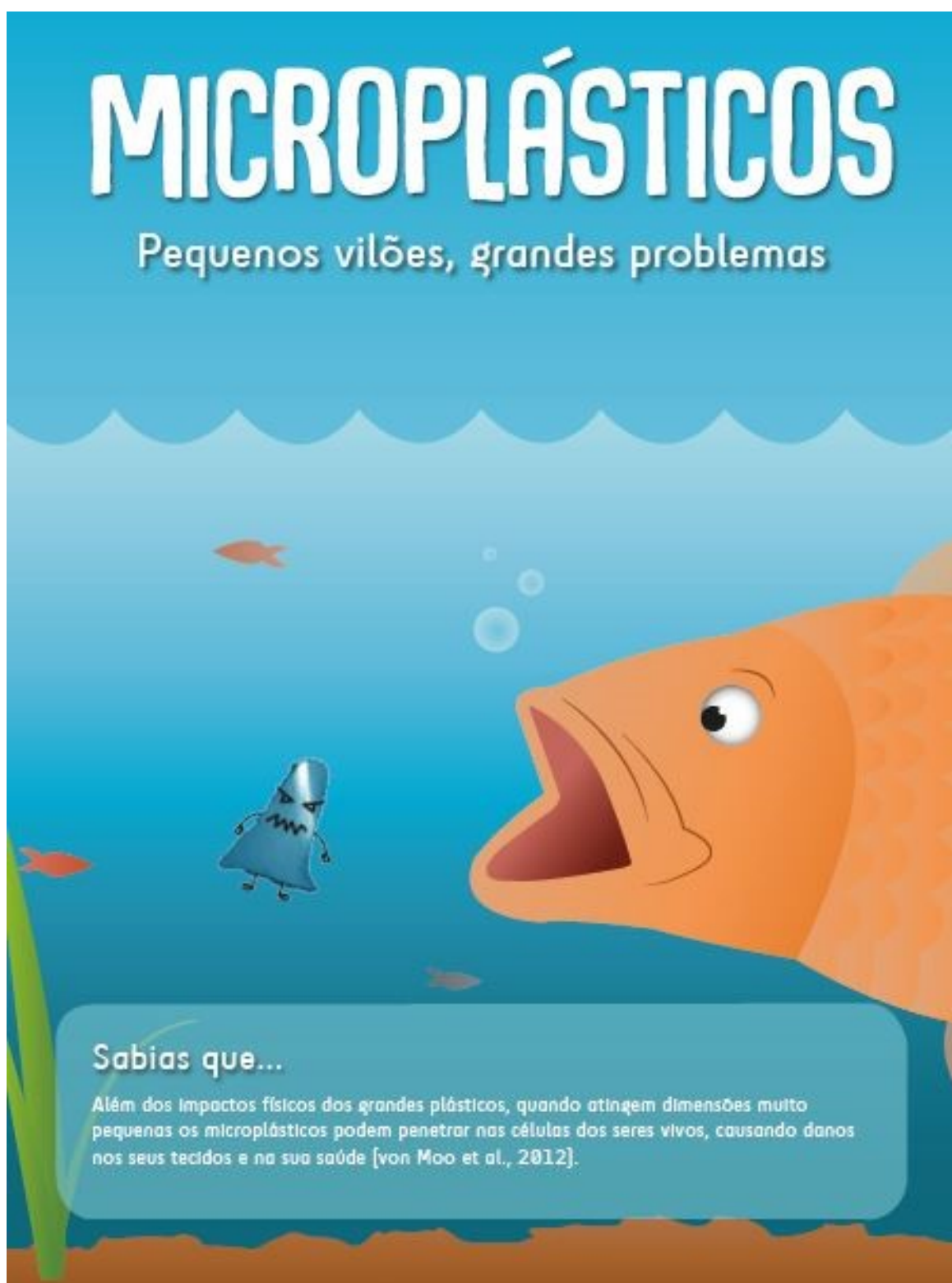










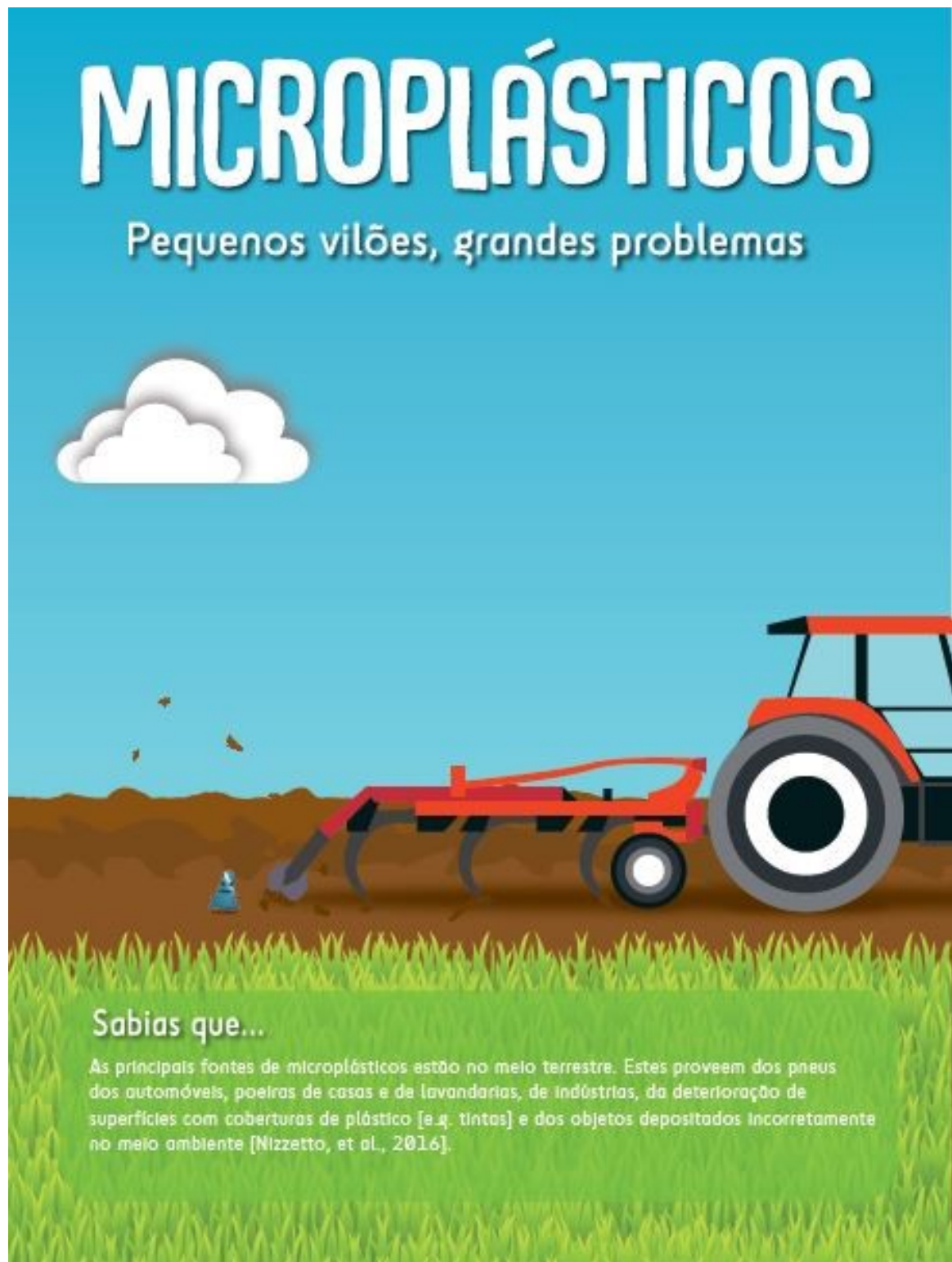


MICROPLÁSTICOS

Pequenos vilões, grandes problemas

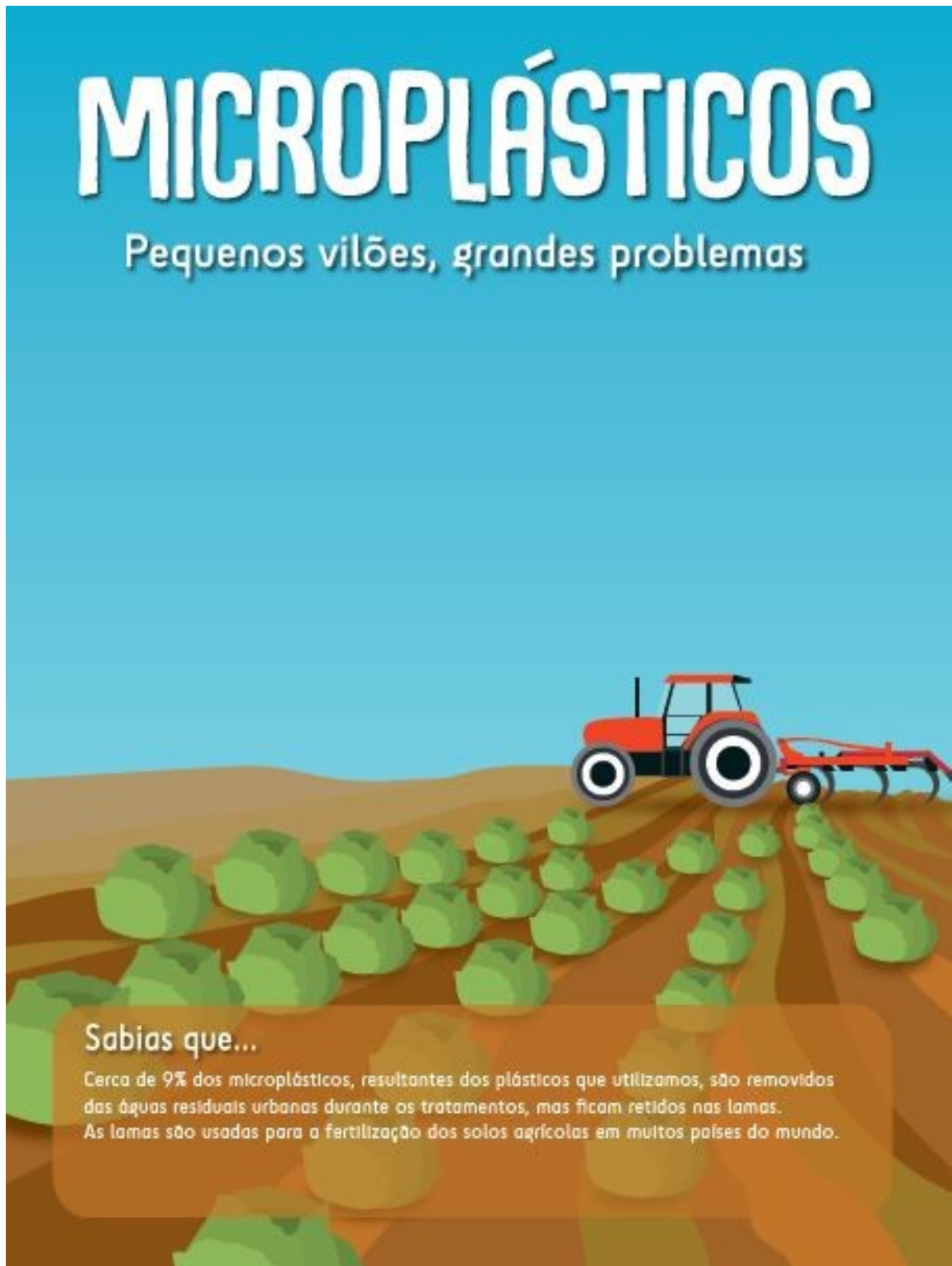
Sabias que...

Organismos do solo como as minhocas terrestres são capazes de ingerir microplásticos, os quais como qualquer corpo estranho que entra no nosso organismo, provocam respostas do seu sistema imunitário. As minhocas são responsáveis por importantes funções no solo, mas ainda não se conhecem as consequências dos efeitos dos microplásticos nestes organismos, em termos de qualidade dos solos.



MICROPLÁSTICOS

Pequenos vilões, grandes problemas

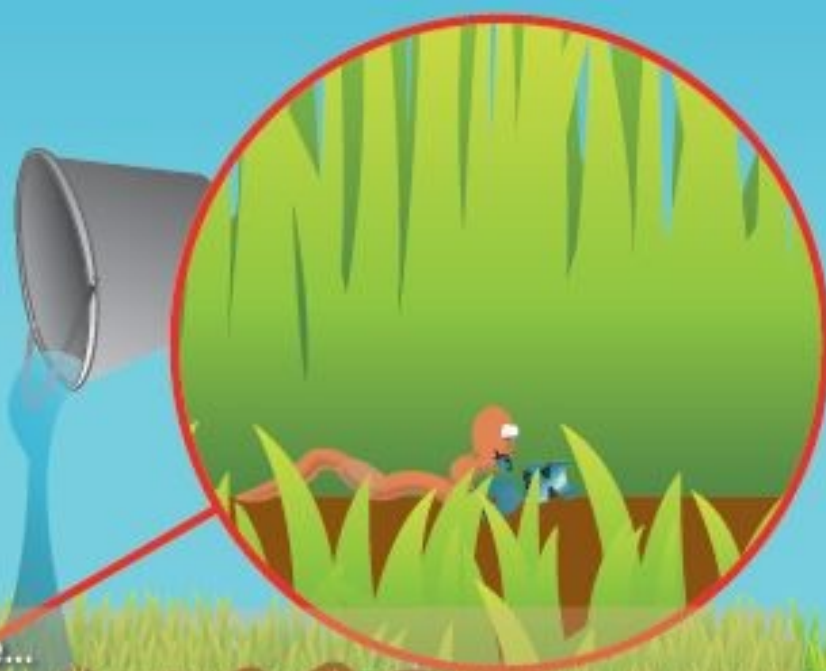


Sabias que...

Cerca de 9% dos microplásticos, resultantes dos plásticos que utilizamos, são removidos das águas residuais urbanas durante os tratamentos, mas ficam retidos nas lamas. As lamas são usadas para a fertilização dos solos agrícolas em muitos países do mundo.

MICROPLÁSTICOS

Pequenos vilões, grandes problemas



Sabias que...

Os microplásticos são facilmente confundidos com alimentos por animais de grande porte e outros pequenos organismos. A ingestão de microplásticos constitui uma ameaça para estes animais, não somente pela possível obstrução do tubo digestivo, mas também porque as partículas de plásticos adsorvem facilmente poluentes orgânicos persistentes (POP) de elevada toxicidade [SOBRAL et. al., 2011].

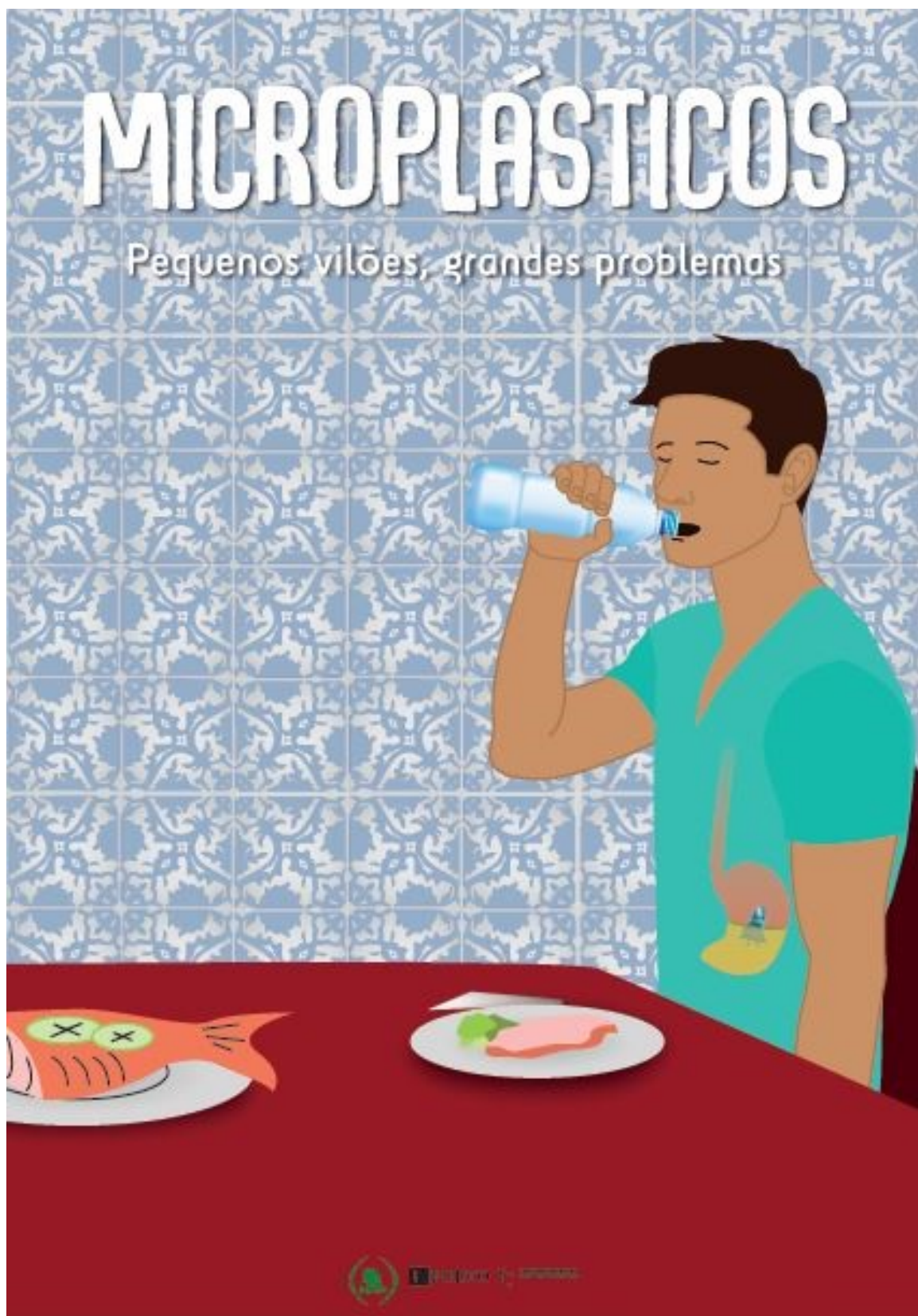


PORTO



Faculdade de Ciências





Anexo V – Frases elaboradas para utilização nos cartazes.

FRASES ORDENADAS PARA OS CARTAZES

1) Cerca de 4% da produção mundial de petróleo é usada para produzir plásticos e uma percentagem semelhante é usada como energia no processo de produção. Cerca de 1/3 da produção são embalagens descartáveis.

2) Cerca de 311 milhões de toneladas de plástico foram produzidas globalmente em 2014. As quatro regiões do globo que dominam na produção destes materiais são: a China, Ásia (excluindo a China), Europa e América do Norte. Se as tendências atuais de produção e utilização continuarem, a produção deverá aumentar para cerca de 2 000 milhões de toneladas até 2050 (UNEP, 2016).

3) A utilização de plásticos no quotidiano oferece diversos benefícios aos seres humanos, como a segurança alimentar, assepsia de materiais médicos, entre muitos outros. Contudo, dados os perigos para o meio ambiente é preciso adotar um consumo mais responsável, reutilizar e descartar corretamente os resíduos.

4) A poluição dos ecossistemas aquáticos por resíduos sólidos, é atualmente, uma das maiores preocupações ambientais, principalmente aquela que é causada por resíduos plásticos que, devido ao seu consumo crescente, despejo incorreto e durabilidade, tendem a acumular-se no meio ambiente, provocando alterações nas paisagens, na qualidade de vida dos seres vivos e efeitos graves nos seres vivos.

5) O plástico é um material altamente resistente que, pode levar muitos anos para ser degradado no ambiente. Os resíduos plásticos sem tratamento adequado, quando abandonados incorretamente, são acumulados e causam a poluição dos solos, rios e oceanos.

6) Além dos impactos físicos dos grandes plásticos, quando atingem dimensões muito pequenas os microplásticos podem penetrar nas células dos seres vivos, causando danos nos seus tecidos e na sua saúde (von Moo et al., 2012).

7) Entre os diversos resíduos plásticos, destacam-se os microplásticos, partículas microscópicas (< 5mm) que resultam da degradação fotoquímica e por abrasão de fragmentos de plásticos de maiores dimensões.

8) Apesar da poluição por microplásticos ser praticamente invisível ao olho humano, os fragmentos estão presentes em praticamente todos os ecossistemas aquáticos (rios e oceanos) e também nos solos, tendo até à data sido encontrados em maior quantidade nos oceanos (CLAESSENS et. al., 2011).

9) Os microplásticos são facilmente confundidos com alimentos, por animais de grande porte e outros pequenos organismos. A ingestão de microplásticos constitui uma ameaça para estes animais, não somente pela possível obstrução do tubo digestivo, mas também porque as partículas de plásticos adsorvem facilmente poluentes orgânicos persistentes (POP) de elevada toxicidade (SOBRAL et. al., 2011).

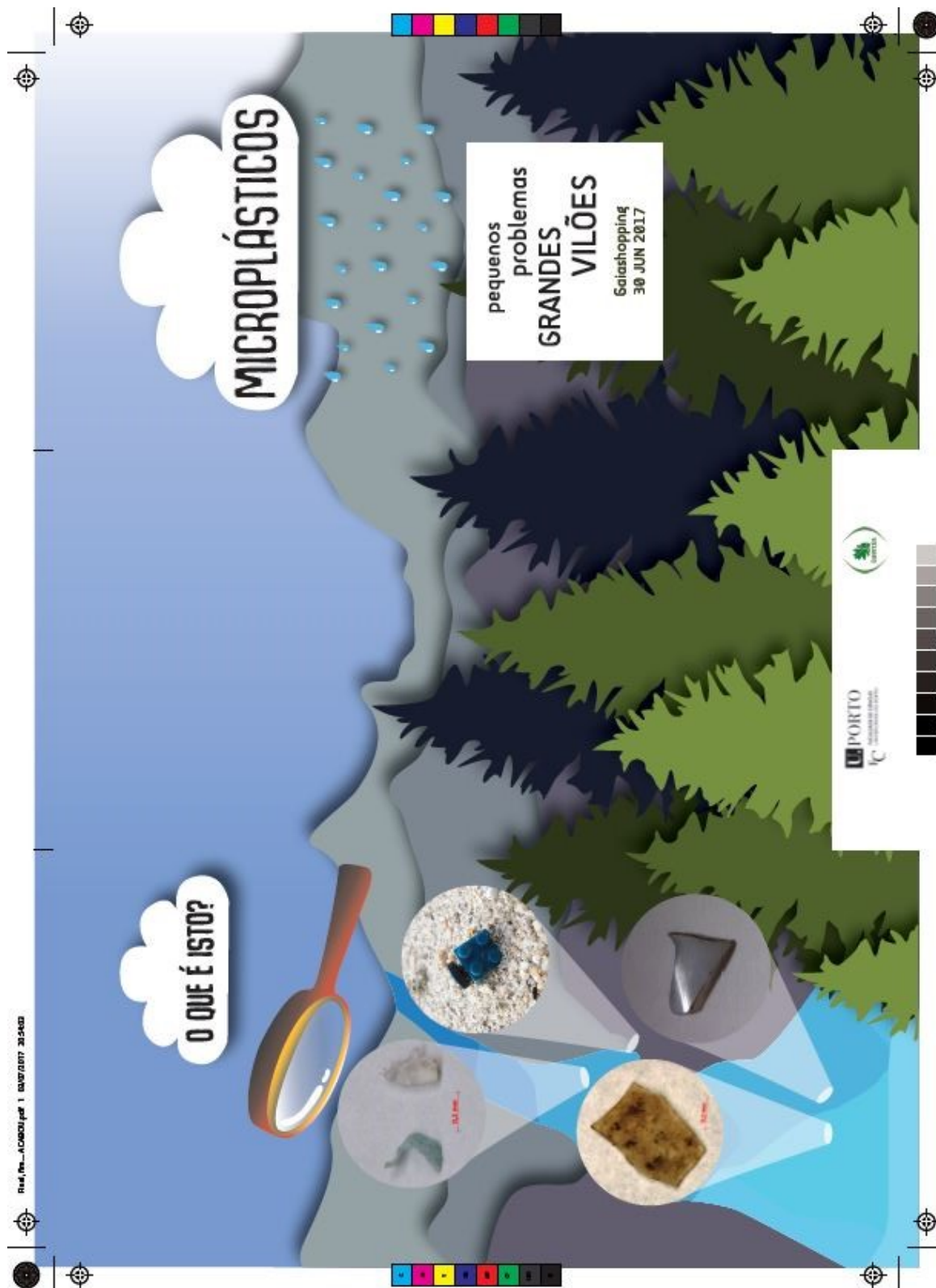
10) As principais fontes de microplásticos estão no meio terrestre. Estes proveem dos pneus dos automóveis, poeiras de casas e de lavandarias, de indústrias e da deterioração de superfícies com coberturas de plástico (e.g. tintas) (Nizzetto, et al., 2016).

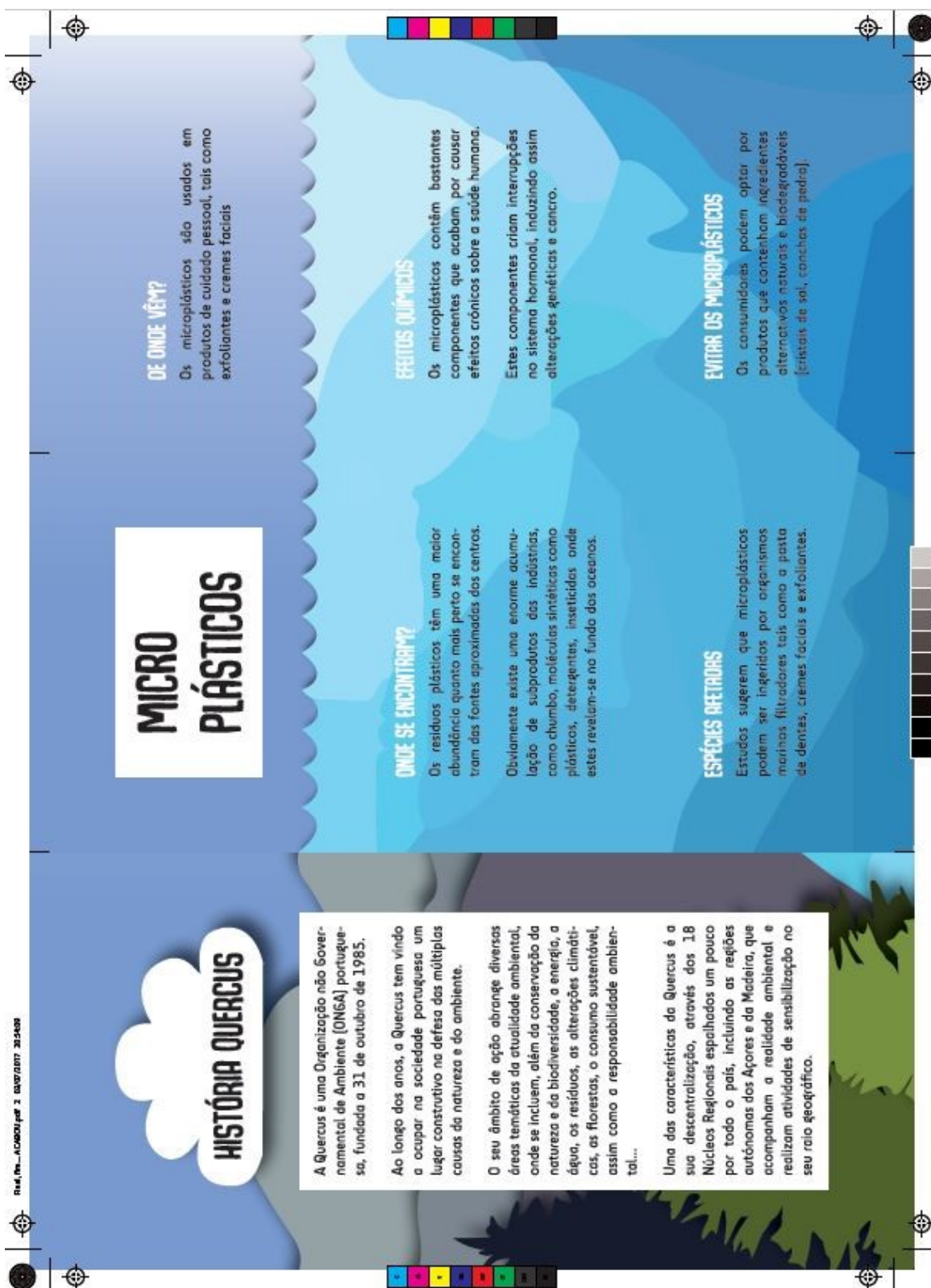
11) Organismos do solo como as minhocas terrestres são capazes de ingerir microplásticos, os quais como qualquer corpo estranho que entra no nosso organismo, provocam respostas do seu sistema imunitário. As minhocas são responsáveis por importantes funções no solo (e.g. fertilização, arejamento entre outras), mas ainda não se conhecem as consequências dos efeitos dos microplásticos nestes organismos, em termos de qualidade dos solos (Rodríguez-Seijo et al., 2017).

12) Cerca de 90% dos microplásticos, são removidos das águas residuais urbanas durante os tratamentos, mas ficam retidos nas lamas. As lamas são usadas para a fertilização de solos agrícolas em muitos países do mundo.

13) Microplásticos foram já registados em mexilhões e ostras podendo estar presentes noutros alimentos marinhos. Contudo, os riscos para a saúde humana resultantes da ingestão destes alimentos contaminados ainda são desconhecidos (Van Cauwenberghe e Janssen, 2014).

Anexo VI – Material confeccionado pelo Colégio – Desdobrável.





Anexo VII – Material confeccionado pelo Colégio – Mapa de Portugal.



Anexo VIII - Resumo da comunicação oral apresentada em Congresso Científico.

Os resultados da atividade experimental também foram apresentados no “1º Congresso Português sobre Microplásticos: Contaminação Ambiental por Microplásticos e suas Implicações para a Saúde dos Ecossistemas, Animal e Humana” através da elaboração de uma comunicação oral. O congresso foi realizado nos dias 19 e 20 de dezembro de 2016, no ICBAS - Instituto de Ciências Biomédicas Abel Salazar da Universidade do Porto, onde foram discutidas as contribuições mais recentes da comunidade científica nacional no âmbito dos MPs.

MICROPLÁSTICOS 2106 - 1º Congresso Português sobre Microplásticos

COMUNICAÇÃO A CONVITE
Sessão V**Microplásticos: um programa de educação ambiental envolvendo diferentes grupos da sociedade**Cavalheri T.^{1*}, Vieira M. N.¹, Vilas-Boas C.³, Pereira R.^{1,2}¹Department of Biology, Faculty of Sciences of the University of Porto & CIIMAR - Interdisciplinary Centre of Marine and Environmental Research²GreenUP/CITAB-UP & Faculty of Sciences of the University of Porto, Portugal³Quercus Núcleo Regional do Porto, Quinta da Gruta, Rua João Maia, 540, 4475-643 AVIOSO (STA. MARIA) MAIA, Porto, Portugal

*e-mail: up201510053@fc.up.pt

Palavras-Chave: Microplásticos, Educação Ambiental, Sensibilização Social, Poluição, Resíduos

Atualmente, uma das maiores preocupações ambientais é a poluição dos ecossistemas ocasionada por plásticos, que devido ao seu consumo crescente e descarte incorreto, tendem a se acumular no ambiente, provocando graves efeitos. Entre os diversos resíduos plásticos, destacam-se os microplásticos (MPs), definidos por partículas milimétricas (< 5mm) fragmentadas, que causam diversos impactos ecológicos, variando desde a potencial ameaça de ingestão acidental com consequências para organismos, até a problemática da sua capacidade de adsorção, concentração e transporte de poluentes orgânicos. Assim, para ligar esta problemática a outros compartimentos ambientais (recursos de água doce e solos) que não apenas o meio marinho, foram coletadas amostras ao longo da margem do Rio Sousa (distrito do Porto) para pesquisa de MPs, através de dois métodos de separação, análise em laboratório e observação à lupa. Com os resultados obtidos, desenvolveu-se uma atividade de educação ambiental para estudantes do 1º e 2º ciclo do Ensino Básico. Esta atividade, que será realizada em colaboração com a Quercus, consiste na realização de um levantamento de plásticos nas margens do Rio Leça (Porto) e de MPs transportados na corrente de água. Esta atividade visa motivar os alunos a refletir sobre as origens dos MPs encontrados na água, o seu destino e possíveis efeitos sobre os seres vivos. Além disso, com o material coletado pelos alunos, será realizada uma exposição temática em grandes áreas comerciais para aumentar a conscientização da população em geral. Finalmente, haverá uma palestra para o público em geral visando induzir um senso crítico sobre ações de desrespeito ambiental, consumo abusivo, descarte incorreto de material plástico e conservação ambiental.